



PROGRAMA
DE CIÊNCIAS
DA REABILITAÇÃO

CENTRO UNIVERSITÁRIO AUGUSTO MOTTA

Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ciências da Reabilitação

Mestrado Acadêmico em Ciências da Reabilitação

Marcos Vinicius Santos Braz

**COMPARAÇÃO DA FORÇA MUSCULAR, FUNCIONALIDADE E
MOBILIDADE DOS TORNOZELOS ENTRE SEXOS PRATICANTES
DE EXERCÍCIOS DE FORÇA COM PESOS LIVRES E SUAS
ASSOCIAÇÕES A LESÕES**

RIO DE JANEIRO

2021

Autorizo a reprodução e a divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio, convencional ou eletrônico, para fins de estudo e de pesquisa, desde que citada a fonte.

FICHA CATALOGRÁFICA

Elaborada pelo Sistema de bibliotecas e

Informação – SBI – UNISUAM

613.7 BRAZ, Marcos Vinicius Santos.

B827c Comparação da força muscular, funcionalidade e mobilidade dos tornozelos entre sexos praticantes de exercícios de força com pesos livres e suas associações a lesões / Marcos Vinicius Santos Braz.

- Rio de Janeiro, 2021.

78p.

Dissertação (Mestrado Acadêmico em Ciência da Reabilitação). Centro Universitário Augusto Motta, 2021.

1. Desempenho Funcional. 2. Tornozelos. 3. Exercício Resistido
I. Título.

CDD 22.ed.

MARCOS VINICIUS SANTOS BRAZ

**COMPARAÇÃO DA FORÇA MUSCULAR, FUNCIONALIDADE E
MOBILIDADE DOS TORNOZELOS ENTRE SEXOS PRATICANTES
DE EXERCÍCIOS DE FORÇA COM PESOS LIVRES E SUAS
ASSOCIAÇÕES A LESÕES**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciências da Reabilitação, do Centro Universitário Augusto Motta, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências da Reabilitação.

Linha de Pesquisa: Avaliação Funcional em Reabilitação

Orientador: Alex Souto Maior Alves

RIO DE JANEIRO

2021

MARCOS VINICIUS SANTOS BRAZ

**COMPARAÇÃO DA FORÇA MUSCULAR, FUNCIONALIDADE E
MOBILIDADE DOS TORNOZELOS ENTRE SEXOS PRATICANTES
DE EXERCÍCIOS DE FORÇA COM PESOS LIVRES E SUAS
ASSOCIAÇÕES A LESÕES**

Aprovado em: 23-02-2021

BANCA EXAMINADORA



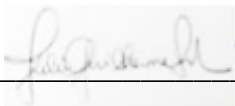
Prof. Dr. ALEX SOUTO MAIOR – Orientador
Centro Universitário Augusto Motta – UNISUAM



Prof. Dr. Leandro Alberto Calazans Nogueira
Centro Universitário Augusto Motta – UNISUAM



Prof. Dr. Charles Ricardo Lopes
Universidade Metodista de Piracicaba - UNIMEP



Prof. Dr. Julio Guilherme Silva
Universida Federal do Rio de Janeiro - UFRJ

Rio de Janeiro, 2021

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho não poderia ter sido concluído sem a ajuda de algumas pessoas.

Primeiro agradecimento é a Deus. Em segundo a minha esposa, Brenda, que me acompanhou e me incentivou durante todo o processo do mestrado. Um agradecimento especial ao meu orientador Prof.Dr. Alex Souto Maior que sempre incentivou e conduziu muito bem a orientação, com paciência e dedicação durante todo o processo. Além dos meus companheiros de turma que me auxiliaram e ajudaram e foram demasiadamente importante na condução do trabalho, dentre eles: Eduardo Lobo, Rafael Teixeira, Emilson Luz, Diego Paiva e Gustavo.

EPÍGRAFE

**É preciso coragem para fazer diferente, porém para ser a diferença,
exige muita competência e comprometimento.**

RESUMO

Introdução: Mulheres exibem maior amplitude de movimento (ADM) do tornozelo em relação aos homens. Contudo, poucos estudos examinaram a diferença entre sexos em relação ADM, força muscular e desempenho funcional dos tornozelos.

Objetivo: O objetivo desta investigação foi comparar a ADM, força muscular e o desempenho funcional dos tornozelos entre homens e mulheres praticantes de exercícios resistidos. **Métodos:** Foram recrutados homens ($n = 20$) e mulheres ($n = 20$) saudáveis. Todos os participantes foram submetidos a três testes para avaliar a ADM, força muscular e desempenho funcional dos tornozelos, respectivamente. As medidas de ADM foram realizadas em ambos os tornozelos com um goniômetro digital. A força muscular isométrica do tornozelo foi medida usando uma célula de carga. O desempenho funcional do tornozelo foi avaliado com o *Single Leg Hop Test* em ambos os membros.

Resultados: A ADM de flexão plantar foi significativamente maior nas mulheres do que nos homens ($p < 0,01$). Nenhuma diferença significativa ($p > 0,05$) foi encontrada entre os grupos para ADM de dorsiflexão do tornozelo. A força muscular durante a dorsiflexão foi significativamente menor nas mulheres ($p < 0,01$). O desempenho funcional foi melhor no sexo masculino ($p < 0,001$). A força muscular durante a flexão plantar foi significativamente correlacionada com a ADM de flexão plantar em homens ($r = 0,52$; $p < 0,02$) e mulheres ($r = 0,46$; $p < 0,03$).

Conclusão: O presente estudo mostrou melhor desempenho funcional e força muscular durante a dorsiflexão e flexão plantar nos homens. Contudo, ADM de flexão plantar foi maior nas mulheres.

Palavras-chave: tornozelos, desempenho funcional, amplitude de movimento, ER.

ABSTRACT

Introduction: Sex difference has shown that females exhibit a greater ankle ROM than males. On the other hand, few studies have examined the link among the ankles ROM, muscle strength and functional performance in the sex difference.

Objective: The purpose of this investigation was to compare the ankle range of motion (ROM), ankle isometric muscle strength and ankle functional performance between males and females practitioners of resistance exercise.

Methods: Males ($n = 20$) and females ($n = 20$) healthy were recruited. All participants underwent three tests to assess the ROM, muscle strength and functional performance of the ankles, respectively. ROM measurements were taken in both ankles with a digital goniometer. Ankle isometric muscle strength was measured using a load cell. Ankle functional performance was assessed with the Single Leg Hop Test (SLHT) in both limbs.

Results: Plantar flexion ROM was significantly greater in the females than males for both ankles ($p < .01$). No significant difference ($p > .05$) was found between the groups for ankle-dorsiflexion ROM. Isometric muscle strength during dorsiflexion was significantly lower in the females for both ankles ($p < .01$). SLHT showed demonstrating better functional performance in the males ($p < .001$). Isometric muscle strength during plantar flexion was significantly correlated with plantar flexion ROM in males ($r = 0.52$; $p < .02$) and females ($r = 0.46$; $p < .03$).

Conclusion: This study showed the better ankles functional performance and greater isometric muscle strength during ankle-dorsiflexion and plantar flexion in males. On the other hand, plantar flexion ROM was greater in females.

Keywords: ankles, functional performance, range of motion, resistance training.

Lista de Ilustrações

	Pág
FIGURA 1. Bases anatômicas da articulação dos tornozelos	15
FIGURA 2. Entorse lateral de tornozelo	16
FIGURA 3. Entorse medial de tornozelo	17
FIGURA 4. Lesão de sindesmose	18
FIGURA 5. Desenho esquemático do teste de salto unipodal	29

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ADM – Amplitude De Movimento

ER – Exercício Resistidos

IAT - Instabilidade Funcional do Tornozelo

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	V
EPÍGRAFE.....	VI
RESUMO	VII
LISTA DE ILUSTRAÇÕES	IX
LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS	X
<u>CAPÍTULO 1</u> <u>INTRODUÇÃO.....</u>	<u>13</u>
1.1 INTRODUÇÃO	13
1.2 REVISÃO DA LITERATURA	15
1.2.1 TORNOZELO.....	15
1.2.2 EPIDEMIOLOGIA DAS LESÕES NO TORNOZELO	21
1.2.3 EXERCÍCIOS DE FORÇA NA PREVENÇÃO DE LESÕES DE TORNOZELOS	23
1.3 JUSTIFICATIVAS	25
1.4 OBJETIVOS	26
1.4.1 PRIMÁRIO/GERAL	26
1.4.2 SECUNDÁRIOS/ESPECÍFICOS.....	26
1.5 HIPÓTESES	26
<u>CAPÍTULO 2</u> <u>PARTICIPANTES E MÉTODOS.....</u>	<u>27</u>
2.1 ASPECTOS ÉTICOS	27
2.2 DELINEAMENTO DO ESTUDO	27
2.2.1 LOCAL DE REALIZAÇÃO DO ESTUDO.....	27
2.3 DESIGN DE ESTUDO	28
2.4 AMOSTRA	28
2.4.1 PARTICIPANTES E LOCAL DE RECRUTAMENTO DO ESTUDO	28
2.3.2 CRITÉRIOS DE INCLUSÃO.....	29
2.3.3 CRITÉRIOS DE EXCLUSÃO	29
2.4 PROCEDIMENTOS/METODOLOGIA PROPOSTA	29
2.4.1 AMPLITUDE DE MOVIMENTO DO TORNOZELO	29
2.4.2 TESTE FUNCIONAL DE DESEMPENHO DO TORNOZELO.....	30
2.5 ANÁLISE DOS DADOS	32
2.5.1 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	32
<u>3</u> <u>MANUSCRITO 1</u>	<u>34</u>
<u>4</u> <u>PRODUÇÃO INTELECTUAL</u>	<u>54</u>

4.5	MANUSCRITO #1	54
4.5.1	METADADOS DO MANUSCRITO #1.....	54
4.5.2	CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES DO MANUSCRITO #1 DE ACORDO COM A PROPOSTA <i>CONTRIBUTOR ROLES TAXONOMY (CREDIT)</i>	54
4.6	PARTICIPAÇÃO EM EVENTOS CIENTÍFICOS	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
4.6.1	METADADOS DA PARTICIPAÇÃO EM EVENTO CIENTÍFICO.....	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
5	<u>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</u>	56
5.5	SÍNTESE	56
	<u>REFERÊNCIAS.....</u>	57
	<u>APÊNDICE 1 – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO</u>	72
	<u>APÊNDICE 2 – SUBMISSÃO DO MANUSCRITO</u>	74
	<u>APÊNDICE 2 – PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA E PESQUISA</u>	74

Capítulo 1 INTRODUÇÃO

1.1 Introdução

Os exercícios resistidos (ER) têm demonstrado ser benéficos na melhoria de vários parâmetros funcionais, bem como o aumento da massa muscular (DRUMMOND et al., 2017; KRAEMER et al., 2002). Os ER são utilizados como um meio efetivo de incremento da força muscular e melhoria do estado funcional em todas as faixas etárias. Isto justifica a necessidade da utilização de sobrecargas na prescrição do treinamento, com objetivo de melhorar o desempenho físico associado ao aumento da força e potência muscular (MAIOR et al., 2008; MAROCOLO et al., 2016). No entanto, ER se referem a uma modalidade de treinamento física sistematizado composta de variáveis (volume, intensidade, frequência, duração, recuperação, ordem dos exercícios, ação muscular, velocidade de execução, tipo de treinamento) que precisam ser bem controladas para que possam produzir efeitos benéficos (DRUMMOND et al., 2017; MAIOR et al., 2008; MAROCOLO et al., 2016). Além disso, estudos comprovam a eficácia da prática de ER com pesos livres no desenvolvimento de força, potência e hipertrofia muscular (OGASAWARA et al., 2012; SHANE SCHWANBECK, PHILIP D.CHILIBECK, 2009).

Os ER com pesos livres utilizam resistência isotônica que fornece a mesma quantidade de resistência em toda a amplitude de movimento que permite mobilidade em múltiplos planos (STONE; COLLINS; PLISK, 2002; WELCH et al., 2015). Porém, em relação à amplitude de movimento (ADM) do tornozelo é limitado o número de estudos que avaliaram a ADM da dorsiflexão e flexão-plantar quando comparados homens e mulheres praticantes de ER com pesos livres.

A articulação do tornozelo é formada pela cúpula do tálus que se articula superiormente com a extremidade distal da tíbia e lateralmente com a extremidade distal da fíbula. Esse encaixe em forma de dobradiça entre os maléolos e o tálus confere ao tornozelo estabilidade, fundamental durante a sustentação de peso, conseqüentemente, produz movimentos de dorsiflexão e flexão plantar do tornozelo e eversão e inversão (MIKLOVIC et al., 2018). A dorsiflexão é o movimento da articulação do tornozelo em que os dedos se direcionam para a tíbia diminuindo o ângulo entre o dorso do pé e a perna (LAZAROU et al., 2018; LIMA et al., 2018). Por outro lado, a flexão plantar descreve a extensão do tornozelo de modo que o pé se direciona para baixo (LAZAROU et al., 2018). Um tornozelo normal contribui com uma ADM de aproximadamente 20° durante a dorsiflexão e 50 ° durante a flexão plantar no plano sagital. Por outro lado, a amplitude total de movimento no plano frontal é de aproximadamente 35° (23 ° de inversão; 12 ° eversão) (BROCKETT; CHAPMAN, 2016; KAUFMAN et al., 1999; LAZAROU et al., 2018). A mobilidade adequada do tornozelo é necessária para a marcha normal, bem como a participação em muitas atividades esportivas e recreativas.

A ADM limitada durante a dorsiflexão (<11,5° mensurada com extensão completa do joelho e <18,5° mensurada com flexão do joelho em 90°) tem sido relacionada a sujeitos com entorses convencionalmente e sem reabilitação adequada (LIMA et al., 2018; YODAS et al., 2009). Este fato pode contribuir significativamente com tendinopatia patelar, tendinopatia de calcânea, instabilidade crônica do tornozelo, fraturas por estresse no metatarso, fascite plantar, dor anterior de joelho e lesões no ligamento cruzado anterior sem contato (FONG et al., 2011; KAUFMAN et al., 1999; LAZAROU et al., 2018; LIMA et al., 2018; YODAS et al., 2009). Os flexores plantares do tornozelo desempenham um papel importante na absorção das forças durante a

aterrissagem, mas durante corridas e/ou caminhadas os flexores plantares do tornozelo atuam no apoio do corpo, além de impulsionar o corpo para frente na postura tardia (MCGOWAN; NEPTUNE; KRAM, 2008; NEPTUNE, 2005). Contudo, a redução da plasticidade dos músculos gastrocnêmio, sóleo e do tendão calcâneo contribuem com o aumento da rigidez passiva do tornozelo no aumento da carga plantar (KAWAKAMI; KANEHISA; FUKUNAGA, 2008; SAKANAKA et al., 2018). Entretanto, a prática dos ER parece aumentar a ADM durante a dorsiflexão e flexão plantar dos tornozelos (HALL et al., 2015; RAJAN; PORTER, 2015). Sendo assim, ter uma boa ADM e funcionalidade de tornozelo, parece ser um fator que pode evitar futuras lesões de tornozelo e outras articulações.

1.2 Revisão da Literatura

1.2.1 Tornozelo

A articulação do tornozelo é composta pelos ossos da tíbia e fíbula superiormente e pelo talo inferiormente (RAY, 2016) e é um complexo de três articulações: talocrural, tibiofibular e subtalar (talocalcanear) (CZAJKA et al., 2014). A articulação talocrural é a articulação entre a fíbula e a tíbia (proximal) e o tálus (distal) (Figura 1). A articulação tibiofibular é a articulação entre o lado medial da extremidade distal da fíbula e o lado lateral da extremidade distal da tíbia (Figura 1). E por último a articulação subtalar, é a articulação entre o aspecto superior do calcâneo e o aspecto inferior do tálus (CZAJKA et al., 2014)(Figura 1).

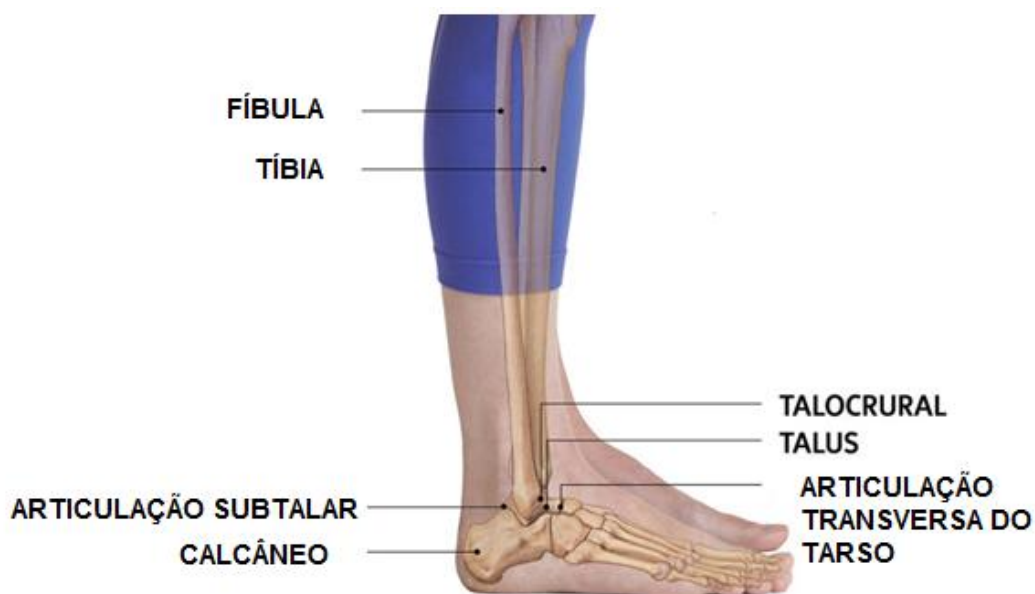


FIGURA 1. Bases anatômicas da articulação dos tornozelos.

O complexo do tornozelo pode suportar até 6 x o peso corporal, conseqüentemente, desempenha um papel fundamental no sistema locomotor humano (LEARDINI; O'CONNOR; GIANNINI, 2014; PRINOLD et al., 2016). Assim, esta importante articulação contribui para manutenção do equilíbrio postural, força de propulsão, absorção de choque e coordenação de membros durante a locomoção (HANZLICK; LEE, 2017; HA; HAN; SUNG, 2018).

Os tornozelos são frequentemente lesionados na vida cotidiana, nos esportes e nas atividades de lazer. Estas lesões podem estar relacionadas a alterações estruturais mecânicas no complexo articular do tornozelo e déficits funcionais no controle sensório-motor (HOCH et al., 2016). Entre os pacientes com lesão no tornozelo, 20% a 40% evoluem para instabilidade crônica do tornozelo, que mostra dor e instabilidade articular do tornozelo (HA; HAN; SUNG, 2018). As lesões que acometem significativamente os tornozelos são:

- **Entorse lateral de tornozelo:** Uma entorse lateral aguda do tornozelo pode ser definida como uma lesão traumática dos ligamentos da articulação do tornozelo, resultante de uma inversão excessiva do pé ou de uma flexão plantar combinada com a adução do pé (figura 2) (CALATAYUD et al., 2014).



FIGURA 2: Entorse lateral de tornozelo.

- **Entorse medial de tornozelo:** As entorses agudas do tornozelo medial resultam de eversão ou forças de rotação externa em torno do tornozelo (figura 3). Geralmente, aterrissar em um pé pronado desequilibrado resulta em rotação externa forçada e abdução do tornozelo. Isso geralmente ocorre ao caminhar, correr ou pular em superfícies irregulares (CZAJKA et al., 2014).



FIGURA 3: Entorse medial de tornozelo.

- **Lesões de sindesmose:** O complexo de sindesmose do tornozelo consiste no ligamento tibiofibular antero-inferior, componentes superficiais e profundos do ligamento tibiofibular pósterio-inferior, ligamento tibiofibular transverso inferior e membrana interóssea (KNAPIK et al., 2018). O complexo ligamentar conecta a tíbia à fíbula, estabilizando a articulação distal ao tálus. Também chamado também como entorse alta do tornozelo, as lesões de sindesmose têm sido associadas com sintomas crônicos e disfunção do tornozelo. A razão mais comum para que possa acometer esse tipo de lesão, é o contato com outros atletas, resultando em uma dorsiflexão do tornozelo e rotação externa do pé (KNAPIK et al., 2018; MAUNTEL et al., 2017).



FIGURA 4: Lesão de sindesmose.

É importante salientar que todas as lesões supracitadas potencializam a instabilidade crônica do tornozelo, assim, aumenta a frouxidão ligamentar (LEE et al., 2018), reduz a força muscular (HERB et al., 2014), potencializa o desenvolvimento de osteoartrite de tornozelo, reduz a funcionalidade (HOCH et al., 2016) e reduz a estabilidade estática e dinâmica (TORP; THOMAS; DONOVAN, 2018). Desta forma, a instabilidade crônica do tornozelo promove alterações no movimento do tornozelo no plano sagital (HERB et al., 2018) e reduz a dorsiflexão do tornozelo na fase de apoio (HOCH et al., 2016). Com isso, estas alterações contribuem com significativas mudanças nos padrões de ativação muscular dos membros inferiores, sendo um fator importante para comprometimentos que afetam a estabilidade, principalmente, no momento do contato inicial ao solo durante a caminhada (HOCH et al., 2016; JABER et al., 2018).

O tratamento preventivo das entorses de tornozelo e subsequente instabilidade lateral do tornozelo começam com a identificação de fatores de risco modificáveis. Desta forma, a perda de força muscular é considerada um fator de risco para lesões no tornozelo (LUCAS-CUEVAS et al., 2016). Além disso, os desequilíbrios musculares contribuem com estas lesões, mas podem ser minimizados através exercícios de força específicos e exercícios proprioceptivos (SHAWEN; DWORAK; ANDERSON, 2016; GRIMM et al., 2016). Outro fator que pode auxiliar na redução dos riscos de lesões primária e secundária é o uso das órteses de tornozelo (BARELDS; BROEK; HUISSTEDE, 2018). Alguns testes têm sido utilizados para avaliar o equilíbrio dinâmico, diagnosticar déficits funcionais após a lesão, principalmente, em pessoas com instabilidade crônica do tornozelo. Sendo assim, pode-se atribuir a diminuição das lesões, a melhora na propriocepção, melhora da coordenação muscular e o fortalecimento dos músculos que estabilizam a articulação do tornozelo (LUCAS-CUEVAS et al., 2016). Por outro lado, durante um programa de reabilitação pós-lesão de tornozelos devemos respeitar os seguintes parâmetros: diminuição do inchaço, dor e resposta inflamatória inicial e proteção da articulação, para que uma resposta inflamatória secundária não se desenvolva a partir de reabilitação excessivamente agressiva. Da mesma forma, o ADM, a força e a resistência muscular devem retornar aos níveis pré-lesão, para que atividades funcionais assintomáticas completas possam ser realizadas no nível pré-lesão e além (MATTACOLA; DWYER, 2002).

Como probabilidade de diagnóstico de lesões e/ou prevenção de lesões podem destacar os seguintes métodos:

- Uma razão de força de eversão-inversão de $\pm 1,0$ é considerada um importante indicador de suscetibilidade à entorse de tornozelo (MATTACOLA; DWYER, 2002).

- Déficit do sentido proprioceptivo: Quando a função sensorial proprioceptiva se deteriora, a capacidade de controle postural, a capacidade reflexa protetora, a capacidade de movimento articular e a capacidade de equilíbrio para responder aos movimentos posturais se tornam mais propensas a se deteriorar (HA; HAN; SUNG, 2018).

1.2.2 Epidemiologia das lesões no tornozelo

A entorse de tornozelo tem um alto risco de lesão entre os distúrbios musculoesqueléticos e contribui para redução da mobilidade e função, além de ausência ocupacional (DOHERTY et al., 2014). O complexo articular do tornozelo é frequentemente lesionado durante a atividade de vida diária ou em práticas esportivas (HA; HAN; SUNG, 2018). De forma geral, estima-se que ocorra uma lesão por dia a cada 10.000 pessoas (KUNZ et al., 2014), entretanto, adolescentes e adultos jovens têm as taxas mais altas, com uma taxa de incidência de 7,2 por 1.000 pessoas/ano. Em particular, as incidências de lesões do tornozelo no esporte ocorrem a uma taxa entre 2,06 e 3,4 lesões por mil atletas, sendo a recidiva o principal fator de risco para uma nova entorse de tornozelo (CZAJKA et al., 2014).

A taxa de incidência de lesões agudas de tornozelo é comum em esportes que tenham rápida mudança de direção ou possíveis contatos entre atletas (WIERSMA et al., 2018), assim, o atleta torna-se mais suscetível lesão. Os esportes que apresentam altos índices de lesões de tornozelo são: vôlei (45,6%), futebol (21,2%) e basquete (15,9%)(BARELDS; BROEK; HUISSTEDE, 2018). Este tipo de lesão pode conduzir o atleta a vários graus de debilitação, tais como: perda do desempenho físico,

abstinência das competições e possíveis efeitos psicológicos (DOHERTY et al., 2014). Estas incidências de lesões podem correlacionar com desequilíbrios musculares, maior índice de massa corporal, contato físico e hipomobilidade de dorsiflexão (SHAWEN; DWORAK; ANDERSON, 2016).

Como mencionado anteriormente às lesões mais comuns são: entorse lateral, entorse medial e sindesmose. Contudo, a entorse lateral de tornozelo está relacionada a 75% das lesões de tornozelo (CHEN et al., 2014; LEE et al., 2018; SHAWEN; DWORAK; ANDERSON, 2016; BARELDS; BROEK; HUISSTEDE, 2018) e mais de 20% dos indivíduos lesionados apresentam dor crônica, perda de função e instabilidade articular associadas à recidiva de entorses de tornozelo (CHEN et al., 2014; JABER et al., 2018; SHAWEN; DWORAK; ANDERSON, 2016).

Indivíduos que tem instabilidade crônica de tornozelo estão mais expostos ao risco de novas torções de tornozelo quando caminham ou praticam esportes em superfícies irregulares (HA; HAN; SUNG, 2018). Instabilidade crônica de tornozelo pode ser gerada por conta de dois fatores: mecânico e funcional. A instabilidade mecânica é o estado de relaxamento do ligamento, identificado através de exames físicos: inclinação do talar, sinal da gaveta anterior e redução significativa da estabilidade; A instabilidade funcional de tornozelo (IFT) é a experiência subjetiva do paciente de fraqueza e falseio durante as atividades diárias ou o esporte (HA; HAN; SUNG, 2018; MEDICA et al., 2018; SLATER, 2018). Desta forma, indivíduos que apresentam instabilidade da articulação do tornozelo por no mínimo um ano após a lesão de tornozelo, podem ser classificados como portador de instabilidade crônica de tornozelo (DOHERTY et al., 2014).

Quando realizada uma comparação entre os sexos, a incidência de lesão de tornozelo, como entorse lateral e lesões ligamentares, é maior nas mulheres do que em homens (DEIVENDRAN KALIRATHINAM, 2016; DOHERTY et al., 2014). Apesar de resultados discrepantes acredita-se que esta diferença entre gêneros pode estar relacionada a diferenças biomecânicas e neuromusculares, pelo fato de mulheres apresentarem tendões mais complacentes e maior amplitude de tornozelo, consequentemente, estes fatores podem contribuir com o aumento da incidência de lesões da articulação do tornozelo (HANZLICK; LEE, 2017).

Entender as diferentes lesões que acometem a região do tornozelo é fundamental para reconhecer e gerenciar as lesões, a fim de reduzir o potencial de problemas crônico no tornozelo. Sendo assim, o entendimento das diferenças intergêneros nas incidências de lesões e tipos de lesões de tornozelos deve ajudar a impulsionar o desenvolvimento de esforços mais efetivos para a prevenção de lesões específicas da população (WIER SMA et al., 2018).

1.2.3 Exercícios de força na prevenção de lesões de tornozelos

Os exercícios de resistência (ER) podem ser realizados utilizando diversos tipos de sobrecarga, como: pesos livres, máquinas, força isoinercial, pneumático, resistência elástica entre outros, consequentemente, contribui para o desenvolvimento da força, potência e resistência muscular (MAIOR, 2013). Este treinamento consiste na manipulação de diversas variáveis metodológicas, tais como: sobrecarga, ordem dos exercícios, tempo de intervalo entre as séries e exercícios, número de séries e repetições, entre outros. Essa manipulação das variáveis

utilizadas no ER proporciona aplicabilidade em programas de reabilitação neuromotora, promovendo benefícios significativos na performance e prevenção de lesões por sua característica intermitente (KRAEMER et al., 2002; MAIOR et al., 2008).

Os ER são prescritos com intuito de potencializar a hipertrofia muscular e o controle neuromuscular, sendo importante na reabilitação de pessoas com lesões de tornozelo (SMITH et al., 2012). Os componentes desses programas de exercícios incluem treinamento proprioceptivo, fortalecimento, agilidade, pliometria, exercícios específicos do esporte ou uma combinação de vários componentes (denominado treinamento neuromuscular) (SCHIFTAN; ROSS; HAHNE, 2015). Os ERs aumentam o controle postural, aumentam o equilíbrio estático e dinâmico e reduzem a recorrência de lesões em indivíduos com entorse aguda de tornozelo (CALATAYUD et al., 2014). Outro fator importante é a melhora do déficit de equilíbrio e propriocepção (HA; HAN; SUNG, 2018; HALL et al., 2015). O sentido proprioceptivo desempenha papéis importantes no controle dos movimentos das articulações e na manutenção da estabilidade através de receptores localizados nos músculos, tendões, ligamentos e cápsula articular (HA; HAN; SUNG, 2018).

Os exercícios quando realizados em pesos livres ao invés de máquinas, contribuem com a melhora proprioceptiva e são mais eficazes para a reabilitação dos indivíduos com instabilidade crônica de tornozelo. O estudo conduzido por HA et al., (2018), investigaram a eficiência dos programas de exercícios de fortalecimento do tornozelo aplicados a adultos com IAT em superfícies instáveis melhoram a propriocepção e a estabilidade das articulações do tornozelo. Os resultados mostraram aumento da mobilidade e estabilidade durante a dorsiflexão e flexão plantar no grupo experimental, mas sem mudanças no grupo controle. Corroborando

com o estudo anterior, SMITH et al., 2012 investigaram os efeitos de um protocolo de ER de 6 semanas usando 2 procedimentos de fortalecimento no desenvolvimento da força para reprodução do senso de força em indivíduos com instabilidade funcional de tornozelo. Os resultados deste estudo mostraram que um protocolo supervisionado de ER de 6 semanas usando Thera-Bands potencializou a força de inversão e eversão do tornozelo em participantes com instabilidade funcional de tornozelo. Sendo assim, o ER e treinamento proprioceptivo são eficazes para melhorar o controle postural e neuromuscular em indivíduos saudáveis e fisicamente ativos, bem como pode ser utilizado na prevenção e reabilitação (CALATAYUD et al., 2014).

1.3 Justificativas

Como já bem relatado na literatura a articulação do tornozelo é acometida por lesões em todas as populações: do jovem ao idoso; do atleta ao sedentário. Assim, a instabilidade de tornozelos contribui para altos gastos aos cofres públicos a partir de procedimentos cirúrgicos, reabilitação e inatividade esportivas ou trabalho. Desta forma, têm sido observado na literatura científica a importância dos tornozelos para a qualidade de vida. Contudo, ainda é escasso na literatura científica a diferença entre sexos na funcionalidade dos tornozelos. Assim, o presente estudo justifica a necessidade de investigar o padrão funcional e biomecânico dos tornozelos entre homens e mulheres praticantes de exercícios de força.

1.4 Objetivos

1.4.1 Primário/Geral

O objetivo do presente estudo foi analisar a funcionalidade, a força muscular e a amplitude do movimento da articulação dos tornozelos entre os sexos praticantes de ER.

1.4.2 Secundários/Específicos

1. Comparar a amplitude de movimento durante a dorsoflexão e a flexão plantar entre homens e mulheres praticantes de ER.
2. Comparar a funcionalidade dos tornozelos entre homens e mulheres praticantes de ER.
3. Comparar a força muscular isométrica durante a dorsoflexão e a flexão plantar entre homens e mulheres praticantes de ER.

1.5 Hipóteses

O presente estudo busca através dos testes propostos verificar entre os grupos de homens e mulheres avaliar a funcionalidade, a força muscular e a amplitude do movimento durante a dorsiflexão e flexão plantar dos tornozelos, acreditando que a diferença morfológica entre sexos contribua para melhor desempenho por parte dos homens durante os testes.

Capítulo 2 Participantes e Métodos

2.1 Aspectos éticos

Esta pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética e pesquisa (CAAE: 32033420.1.0000.5235) em consonância com a resolução 466/2012. Todos os participantes assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE; Apêndice 1) após serem informados sobre a natureza do estudo e do protocolo a ser realizado.

2.2 Delineamento do estudo

Foi realizado um estudo transversal, pois as medições foram realizadas em uma população específica com o intuito de investigar as possíveis alterações na mobilidade, funcionalidade e força muscular dos tornozelos de praticantes de ER com pesos livres.

2.2.1 Local de realização do estudo

A presente pesquisa foi realizada no A&D Centro de treinamento: performance e prevenção de lesões localizado na Avenida das Américas, nº 12.900, bloco 02, loja 107 – Recreio dos Bandeirantes. Todos os participantes do estudo foram convidados a participar do estudo pelos pesquisadores envolvidos na pesquisa e informados sobre o objetivo da pesquisa. Desta forma, estavam cientes sobre os riscos e benefícios mediante ao Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

2.3 Design de estudo

Após cumprirem os critérios de elegibilidade os sujeitos foram apresentados aos testes para familiarização com o movimento. Os testes que foram realizados de acordo com a seguinte ordem: avaliação antropométrica, amplitude de movimento do tornozelo, teste funcional de desempenho do tornozelo e avaliação de força dos músculos que estabilizadores de tornozelos. Após a familiarização, os indivíduos realizaram os testes seguindo a ordem supracitada. Os exercícios foram realizados nessa ordem para que não pudesse influenciar no desempenho e não afetar o resultado. Foram realizadas três tentativas para cada teste. Os sujeitos usaram shorts ou bermudas acima do joelho, para permitir uma visualização adequada do complexo tornozelo-pé-perna.

2.4 Amostra

2.4.1 Participantes e Local de recrutamento do estudo

Foram selecionados 40 sujeitos experientes em treinamentos em peso livre de ambos os sexos saudáveis: homens ($33,5 \pm 7,8$ anos; $176,1 \pm 7,6$ cm; $79,6 \pm 7,8$ kg; $22,5 \pm 2,8$ kg/m², n = 20) e mulheres ($29,5 \pm 7,1$ anos, $164,3 \pm 8,7$ cm, $67,1 \pm 8,9$ Kg; $20,5 \pm 2,5$ kg/m², n = 20). Todos os testes foram realizados no Centro de treinamento A&D performance e prevenção de lesões localizado na Avenida das Américas, nº 12.900, bloco 02, loja 107 – Recreio dos Bandeirantes.

2.4.2 Critérios de inclusão

1. Homens e mulheres com idade entre 25 a 35 anos;
2. Fisicamente ativos (mínimo de 250 minutos semanais de prática de ER);
3. Todos os participantes tinham experiência de mais de 12 meses de prática de ER;
4. Assinatura do termo de consentimento livre e esclarecido (Apêndice 1), após leitura do mesmo e comentário pelo pesquisador dos objetivos, riscos e potenciais benefícios associados à participação na pesquisa.

2.4.3 Critérios de exclusão

1. Uso de esteroides anabolizantes, drogas ou medicação que potencialize a performance física (auto declarado);
2. Lesão osteomioarticular nos membros inferiores nos últimos 6 meses;
3. Cirurgias prévias de tornozelo, joelho ou quadril.

2.5 Procedimentos/Metodologia proposta

2.5.1 Amplitude de movimento do tornozelo

As medidas foram realizadas nos dois tornozelos com um goniômetro digital (Global Medical Devices; Maharashtra, Índia). As medidas de amplitude de movimento durante a dorsiflexão e flexão plantar foram mensuradas com os sujeitos em decúbito dorsal e joelho estendido em uma mesa de tratamento padrão. Esta posição foi adotada por conta das articulações do quadril e joelho ficarem estendidas,

similarmente a fase de apoio da marcha, pouco antes do salto (YOUODAS et al., 2009). Os sujeitos foram instruídos a realizarem ativamente a flexão plantar ou dorsiflexão do tornozelo até o ponto máximo de conforto e sem dor. O goniômetro foi posicionado distalmente ao maléolo lateral e os braços do goniômetro foram posicionados alinhados com a cabeça da fíbula e paralelamente ao quinto metatarso. Seguiu-se a convenção de posição neutra sendo 0° e o movimento do tornozelo sendo o número de graus de movimento angular a partir dessa posição na direção dorsal ou plantar. As medições foram registradas em graus e foi considerado o maior grau após três medidas.

2.5.2 Teste funcional de desempenho do tornozelo

A estabilidade funcional do tornozelo foi avaliada com o teste de salto unipodal realizado bilateralmente (direita e esquerda). Os sujeitos, com calçados, foram posicionados unipodal 30 cm atrás do primeiro feixe de fotocélulas (Brower Timing System, Salt Lake City, 174 UT, EUA; precisão de 0,01 s) (Figura 5). Para o registro do tempo, os participantes percorreram o mais rápido possível uma distância de seis metros e o tempo foi cronometrado pelo segundo feixe de fotocélula (Figura 5). O teste foi repetido três vezes para as duas pernas e a pontuação média das três tentativas foi calculada. Os indivíduos descansaram por 30 segundos entre os ensaios. O estímulo verbal foi utilizado em todas as tentativas durante o procedimento experimental.

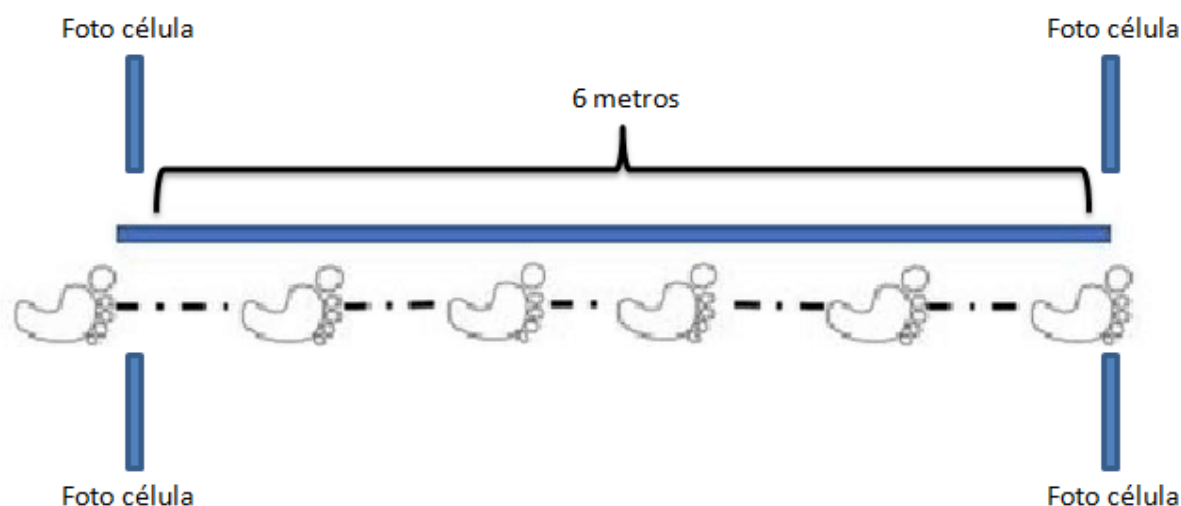


FIGURA 5. Desenho esquemático do teste de salto unipodal.

2.5.3 Avaliação da força muscular

A força dos músculos extensores e flexores do tornozelo foram avaliados com uso de um dinamômetro portátil (E-lastick; Brasília; Brasil), realizado bilateralmente (direita e esquerda). O teste foi realizado com os sujeitos deitados e com os joelhos estendidos em uma mesa de tratamento padrão. A faixa de pressão ligada ao dinamômetro foi inserida no antepé e os sujeitos foram instruídos a realizarem a contração voluntária isométrica máxima durante a dorsoflexão de tornozelo. Após a realização do teste para dorsoflexão foi realizado a contração voluntária isométrica máxima durante a flexão plantar. Cada contração voluntária isométrica máxima foi realizada durante 5 segundos para dorsoflexão e flexão plantar. O protocolo se repetiu por 3 vezes para cada perna com um tempo de descanso entre as tentativas de 30 segundos e um tempo de intervalo entre os movimentos de 2 minutos. Para a aquisição dos sinais de força, uma célula de carga (AEPH do Brasil Indústria e Comércio Ltda., modelo TS, 50kg \pm 10%) foi utilizada durante as contrações, sendo

responsável por fornecer o sinal elétrico proporcional à força que promove a deformação do equipamento. A interface da célula de carga ocorreu de forma digital através do aplicativo de celular (E-lastic 4.0, compatível para sistemas operacionais Android e iOS) na qual captou os dados do sensor de força e transmitiu através da tecnologia Bluetooth® (BLE, 4.0) as informações de força na unidade quilogramas (Kgf) para o aplicativo. Todas as informações, transmitidas para o aplicativo, foram armazenadas dentro da ficha de cadastro de cada participante da pesquisa e os valores, tanto da força média quanto da força máxima foram tabulados para posterior análise estatística.

2.6 Análise dos dados

2.5.1 Análise Estatística

Todos os dados foram apresentados como média \pm desvio padrão. A análise estatística foi realizada inicialmente com os testes de normalidade de Shapiro-Wilk e o teste de homocedasticidade (critério de Bartlett). Para testar a reprodutibilidade entre os testes, foi utilizado o coeficiente de correlação intraclasse (ICC). A análise de variância bidirecional (ANOVA) foi usada para testar os efeitos principais e de interação do grupo (homens vs. mulheres) e tempo de medição para cada variável de resultado independentemente (direita vs. esquerda) e o post hoc Bonferroni foi usado para possibilidade de resultados significativos. As correlações entre as variáveis foram avaliadas por meio de coeficientes de correlação de *Pearson* e seus respectivos intervalos de confiança de 95%. O nível de significância estatística foi estabelecido

em um nível alfa de $P < 0,05$ a partir do software GraphPad Prism® (Prism 6.0, San Diego, CA, EUA).

Capítulo 3 Manuscrito

COMPARISON OF THE RANGE OF MOTION, MUSCLE STRENGTH AND FUNCTIONAL PERFORMANCE OF ANKLES BETWEEN MALE AND FEMALE PRACTITIONERS OF RESISTANCE EXERCISE.

Running head: Ankle range of motion in resistance exercise.

Marcos Braz¹; Alex Souto Maior²

¹ Master in Rehabilitation Science at UNISUAM (Augusto Motta University Center), Rio de Janeiro, Brazil.

²PhD in Exercise Physiology, Professor of the Master's and Doctorate Program in Rehabilitation Science at UNISUAM (Augusto Motta University Center), Rio de Janeiro, Brazil.

Corresponding Author:

Alex SoutoMaior, PhD.

Augusto Motta University Center - UNISUAM

Postgraduate Program in Rehabilitation Sciences

Praça das Nações, 34 - Bonsucesso

ZIP Code 21041010 - Rio de Janeiro, RJ – Brasil

E-mail: alex.bioengenharia@gmail.com

ABSTRACT

The purpose of this investigation was to compare the ankle range of motion (ROM), ankle isometric muscle strength and ankle functional performance between males and females practitioners of resistance exercise. Forty participants were recruited and separated into two groups: male ($n = 20$) and female ($n = 20$). All participants underwent three tests to assess the ankle ROM, ankle isometric muscle strength and ankle functional performance, respectively. ROM measurements were taken in both ankles with a digital goniometer. Ankle isometric muscle strength was measured using a load cell. Both tests for ankle-dorsiflexion and plantar flexion were measured with subjects lying supine with an extended knee on a standard treatment table. Ankle functional performance was assessed with the Single Leg Hop Test (SLHT) in both limbs. Plantar flexion ROM was significantly greater in the females than males for both ankles ($p < .01$). No significant difference ($p > .05$) was found between the groups for ankle-dorsiflexion ROM. Isometric muscle strength during dorsiflexion was significantly lower in the females for both ankles ($p < .01$). SLHT showed demonstrating better functional performance in the males ($p < .001$). Isometric muscle strength during plantar flexion was significantly correlated with plantar flexion ROM in males ($r = 0.52$; $p < .02$) and females ($r = 0.46$; $p < .03$). This study showed the better ankles functional performance and greater isometric muscle strength during ankle-dorsiflexion and plantar flexion in males. On the other hand, plantar flexion ROM was greater in females. However, both sexes showed a positive correlation between absolute ankle isometric muscle strength and plantar flexion ROM.

Keywords: ankles, functional performance, range of motion, resistance training, sex difference.

INTRODUCTION

Resistance exercise (RE) is a systematic physical activity modality with the objective of increase muscle strength to overcome resistance (**Marocolo et al., 2016; Baz-Valle et al., 2019**). Thus, RE have been suggested in sports guidelines aiming at improving physical conditioning and health (**ACSM, 2009**). This physical activity modality is a combination of dynamic actions and static effort with the principle of increasing muscle strength and power from multiple variables, such as: exercise order, rest interval between sets, exercise mode, training frequency, movement velocity, training volume, repetitions per set, number of sets, type of muscle action, and the load intensity that can all be manipulated to meet the training goals and individual differences in training needs (**Marocolo et al., 2016; Baz-Valle et al., 2019; McCartney, 1999**). But, interestingly, in regard to range of motion (ROM), muscle strength and functional performance of ankles there are a limited number of studies that have assessed sex difference (males vs. females) of practitioners of RE.

The ankle joint complex is formed by the dome of the talus fitting into a mortise formed by the tibia and the fibula where this joint produces movements of dorsiflexion and plantar flexion of the foot. Dorsiflexion is the movement at the ankle joint where the toes are brought closer to the shin, curling upwards and decreasing the angle between the dorsum of the foot and the leg (**Lima et al., 2018; Lazarou et al., 2018; Ha et al., 2018**). On the other hand, plantar flexion describes the extension of the ankle so that the foot points down and away from the leg (**Maior et al., 2020**). A normal ankle moves from approximately 20° dorsiflexion to 50° plantar flexion in the sagittal plane and total range of motion in the frontal plane is approximately 35° (23° inversion; 12° eversion) (**Lima et al., 2018; Brockett and Chapman, 2016; Kaufman et al., 1999**).

Adequate ankle mobility allows the lower limb to interact with the ground being a fundamental requirement for walking, body stability and activities of daily living. On the other hand, a limited ankle ROM is associated with a greater dynamic knee valgus and medial knee displacement, as well as a reduced activation of the quadriceps and increased activation of the soleus (**Lima et al., 2018; Brockett and Chapman, 2016; Kaufman et al., 1999**).

Sex difference has shown that females exhibit a greater ankle ROM than males. Possibly, because muscle stiffness is lower in females, since contribute with higher tolerance to muscle stretch being responsible for increased ROM (**Miyamoto et al., 2018**). Besides, the females show high geometrical parameters of plantar flexor's muscle–tendon complex active parts of the series elastic component (**Fouré et al., 2012**). Another important factor observed in the scientific literature was the greater ROM at the talocrural and subtalar joints in females (**Fukano et al., 2018**). Thus, ROM of the ankles plantar flexion for females is greater than males; but ROM of ankle-dorsiflexion no significant sex difference (**Cho et al., 2016**).

On the other hand, few studies have examined the link between the ankles ROM, muscle strength and functional performance in the sex difference. Accordingly, the aim of this study was to compare the ankle ROM, ankle isometric muscle strength and ankle functional performance between males and females practitioners of RE.

METHODS

Study design

This is a randomized comparative study. The sample size was determined by including all participants that complied with the eligibility criteria. All participants (male and female) were practitioners of resistance exercise and underwent three tests to assess range of motion (ROM), strength, and functionality. All tests were performed in a single assessment session in the following order: anthropometric measurements; ankle range of motion (dorsiflexion and plantar flexion); ankle muscle strength; and ankle functional performance testing. All assessment were taken in a temperature-controlled environment (temperature 21° C, 65% relative humidity) by a Hygro-Thermometer with Humidity Alert (Extech Instruments, Massachusetts, EUA). All assessments occurred between 2:00 and 4:00 P.M.

Participants

Forty participants were recruited and separated into two groups: male (33.5 ± 7.8 years; 176.1 ± 7.6 cm; 79.6 ± 7.8 kg; 22.5 ± 2.8 kg/m², $n = 20$) and female (29.5 ± 7.1 years, 164.3 ± 8.7 cm, 67.1 ± 8.9 Kg; 20.5 ± 2.5 kg/m², $n = 20$). All subjects practiced regularly resistance exercise 5.2 ± 0.4 days week⁻¹ and low aerobic training of 1.3 ± 0.6 -day week⁻¹ with a total volume of 252.7 ± 8.3 minutes per week. Subjects with at least one year of resistance exercise experience were included to participate in the current study. Exclusion criteria included: (1) use of anabolic steroids, drugs, or medication with potential impact in physical performance (self-reported); (2) presence of musculoskeletal injury in the past 6 months and (3) previous hip, knee, and/or ankle surgery.

All participants performed a routine of RE that engaged the whole body with resistance bands, free-weights, and medicine balls. All participants completed the

Physical Activity Readiness Questionnaire (PAR-Q). This study was approved by the Ethical Committee for Human Experiments of the Augusto Motta University Center and was performed in accordance with ethical standards in sport and exercise science research (CAAE: 32033420.1.0000.5235). All participants were informed of the experimental procedures and gave written informed consent prior to participation. No clinical problems occurred during the study.

Anthropometric measurements

Body composition was measured following an 8-h overnight fast by bioelectrical impedance analysis using a device with built-in hand and foot electrodes (BIO 720, Avanutri, Rio de Janeiro, Brasil). The participants wore their normal indoor clothing and were instructed to stand barefoot in an upright position with both feet on separate electrodes on the device's surface and with their arms abducted and both hands gripping two separate electrodes on each handle of the device. All biometric measurements were carried out in an air-conditioned room (21°C). No clinical problems occurred during the study.

Ankle dorsiflexion and plantar flexion range of motion

Measurements were taken in both ankles with a digital goniometer (Global Medical Devices; Maharashtra, India). Ankle-dorsiflexion and plantar flexion ROM were measured with the subjects lying supine with an extended knee on a standard treatment table. This position was selected because both hip and knee joints are extended simultaneously, simulating the stance phase of gait just before heel-off

(Youdas et al., 2009). During assessments, all subjects wore shorts to provide adequate exposure to the ankle-foot-leg complex and were instructed to actively do a dorsiflexion and plantar flexion of the ankle joint (i.e., as far as comfortable without pain).

The rotational axis of the goniometer was placed just distally to the lateral malleolus, and the goniometer arms were aligned with the head of the fibula and parallel to the fifth metatarsal, respectively. The convention was followed of neutral position being 0° and ankle motion being the number of degrees of angular movement from that position in either a dorsal or plantar direction. Measurements were recorded in degrees, and the mean score of three measurements was computed. This testing method has shown intra-rater reliability measures greater than 0.93 for the assessment of the active ankles ROM.

Ankle Isometric Muscle Strength Testing

Ankle isometric muscle strength was measured using a commercially available load cells (E-lastic, E-sporte Soluções Esportivas, Brasília, Brazil). During the assessments, the left and right forefoot were individually secured by bands and fixed in the load cells. Participants performed three times (dorsiflexion and plantar flexion) for both ankles and the highest value obtained from the three trials was used for statistical analysis (Figure 1). All assessments were performed with the subjects lying supine with an extended knee on a standard treatment table (Figure 1). Force values were registered during 5 seconds of isometric contraction and rest interval of 60 secs between the trials. Isometric force data of load cell were simultaneously transferred via Bluetooth to a mobile cellphone (sample rate = 10 Hz). Verbal encouragement was

always provided, and no subjects were excluded through injury during the experimental procedure. This testing method has shown intra-rater reliability measures greater than 0.94.

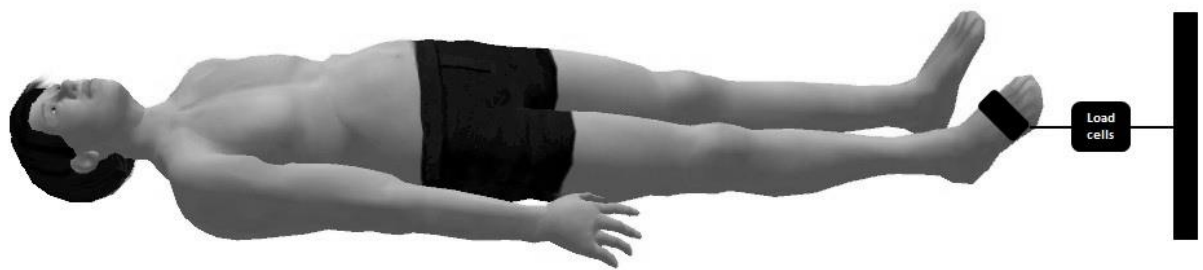


Figure 1. Ankle isometric muscle strength testing.

Ankle Functional Performance Testing

Ankle functional performance was assessed with the single leg hop test performed bilaterally (right and left). Subjects, with footwear, positioned themselves single leg 30 cm behind of the first photocell beam (Brower Timing System, Salt Lake City, 174 UT, USA; accuracy of 0.01 sec). For the time record, subjects covered as fast as possible a 6-m distance that was timed by the second photocell beam (Figure 2). The test was repeated three times for both legs and a mean score of the three trials

was then calculated. The subjects rested for 30 secs between the trials. Verbal encouragement was always provided, and no subjects were excluded through injury during the experimental procedure. This test it was valid when it exhibits reliability that is higher than 0.90. Prior to functional performance testing, participants conducted a 10-min mobility and stability exercise.

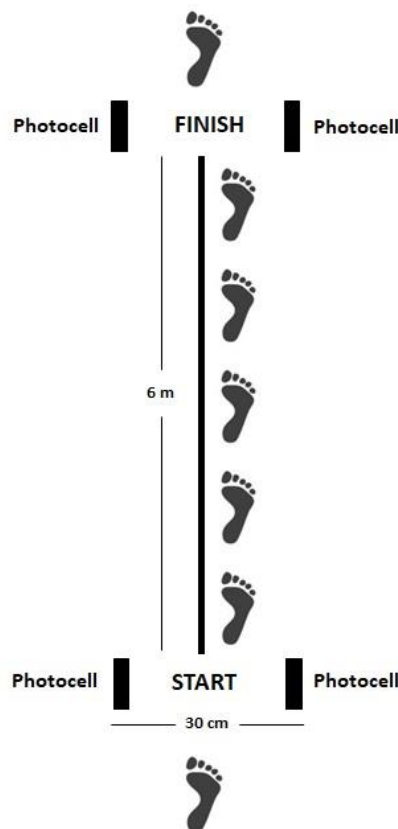


Figure 2. Schematic diagram of the single-leg hops for time test.

Statistical Analysis

All data are presented as mean \pm standard deviation. Statistical analysis was initially performed using the Shapiro–Wilk normality tests and the homoscedasticity test (Bartlett criterion). To test the reproducibility between the tests, the intraclass correlation coefficient (ICC) was used. Two-way analysis of variance (ANOVA) was

used to test for main and interaction effects of the group (males vs. females) and timing of measurement for each outcome variable independently (right vs. left) and the post hoc Bonferroni was used to possibility a statistically significant. Correlations between variables were assessed using Pearson correlation coefficients and their corresponding 95% confidence intervals. The level of statistical significance was set at an alpha level of $P < 0.05$ using GraphPad Prism® software (Prism 6.0, San Diego, CA, USA).

RESULTS

The two-way ANOVA yielded main effects for group ($F_{1,37} = 10.70$, $p < .002$), such that Bonferroni post- hoc showed significant differences in plantar flexion ROM between males vs. females group for both ankles (Table 1). No significant difference ($p > .05$) was found between the groups (male vs. female) to dorsiflexion ROM. Absolute isometric muscle strength during dorsiflexion ($F_{1,37} = 9.06$, $p < .004$) and plantar flexion ($F_{1,37} = 11.46$, $p < .001$) showed main effects for groups demonstrating that it was significantly lower in the females when compared to males for both ankles ($p < .01$) (Table 1).

Table 1. Performance of ankle range of motion, absolute and relative isometric muscle strength between males vs. females practitioners of resistance exercise (n = 40).

		Male	Female	Confidence interval (95% CI)	p<
Dorsiflexion (°)	Right	21.9 ± 2.9	20.7 ± 2.6	-1.14 (-3.36 to 1.07)	> .05
	Left	21.6 ± 4.1	20.8 ± 2.3	0.78 (-2.99 to 1.43)	> .05
Dorsiflexion Absolute isometric muscle strength (kg)	Right	14.6 ± 4.1	11.5 ± 1.9	-3.13 (-5.54 to -0.71)	< .01
	Left	14.4 ± 4.4	11.4 ± 2.0	-2.99 (-5.41 to -0.58)	< .01
Dorsiflexion Relative isometric muscle strength (kg/kg)	Right	5.6 ± 1.2	5.9 ± 1.3	0.30 (-0.59 to 1.20)	> .05
	Left	5.7 ± 1.0	6.0 ± 1.3	0.26 (-0.63 to 1.17)	> .05
Plantar flexion (°)	Right	42.1 ± 5.0	45.7 ± 3.0	3.64 (0.64 to 6.64)	< .01
	Left	41.6 ± 4.2	45.5 ± 3.9	3.91 (0.91 to 6.91)	< .01
Plantar flexion Absolute isometric muscle strength (kg)	Right	29.6 ± 6.4	24.2 ± 3.3	-5.36 (-9.01 to -1.71)	< .01
	Left	29.1 ± 6.4	23.8 ± 2.6	-5.16 (-8.81 to -1.51)	< .01
Plantar flexion Relative isometric muscle strength (kg/kg)	Right	2.7 ± 0.5	2.8 ± 0.4	0.02 (-0.32 to 0.38)	> .05
	Left	2.8 ± 0.5	2.8 ± 0.4	0.00 (-0.35 to 0.35)	> .05

Table 2 compares the ankle functional performance during single leg hop test between males vs. females. Single leg hop test showed main effects for groups

(Second: $F_{1,37} = 69.77$, $p < .0001$; m/s: $F_{1,37} = 74.58$, $p < .0001$; km/h: $F_{1,37} = 74.50$, $p < .0001$) demonstrating better functional performance in the males when compared to females for both ankles ($p < .001$) (Table 2). In addition, number of jumps ratio also showed main effects for groups ($F_{1,37} = 59.00$, $p < .0001$), such that Bonferroni post-hoc showed significant differences ($p < .001$) between males vs. females group for both ankles (Table 2).

Table 2. Performance during single leg hop test between male vs. female practitioners of resistance exercise (n = 40).

		Male	Female	Confidence interval (95% CI)	$p <$
Single Leg Hop test (sec.)	Right	1.8 ± 0.2	2.6 ± 0.4	0.78 (0.54 to 1.02)	< .001
	Left	1.9 ± 0.2	2.7 ± 0.3	0.77 (0.54 to 1.01)	< .001
Single Leg Hop test (m/s)	Right	3.2 ± 0.3	2.3 ± 0.3	-0.92 (-1.19 to 0.66)	< .001
	Left	3.1 ± 0.3	2.2 ± 0.3	-0.89 (-1.15 to -0.63)	< .001
Single Leg Hop test (km/h)	Right	11.6 ± 1.3	8.2 ± 1.3	-3.34 (-4.28 to -2.40)	< .001
	Left	11.3 ± 1.3	8.1 ± 1.1	-3.2 (-4.16 to -2.28)	< .001
Number of jumps	Right	3.1 ± 0.3	4.2 ± 0.4	1.09 (0.77 to 1.41)	< .001
	Left	3.2 ± 0.4	4.1 ± 0.4	0.93 (0.62 to 1.25)	< .001

Table 3 showed no correlation significant between single leg hop test and ankle range of motion. On the other hand, Pearson's analysis showed that absolute isometric muscle strength during plantar flexion was significantly correlated with plantar flexion range of motion in males ($r= 0.52$; $p< .02$) and female ($r= 0.46$; $p< .03$) for the right ankle (table 4).

Table 3. Scatterplots displaying the correlation analysis (Pearson's coefficient) between performance during single leg hop test (second) and ankle range of motion ($^{\circ}$) in male and female practitioners of resistance exercise ($n = 40$).

		<i>r</i>	Confidence interval (95% CI)	<i>p</i> <
Dorsiflexion right ($^{\circ}$)	Male	0.19	-0.28 to 0.59	0.42
	Female	0.39	-0.71 to 0.06	0.08
Dorsiflexion left ($^{\circ}$)	Male	0.25	-0.22 to 0.63	0.29
	Female	0.00	-0.43 to 0.45	0.96
Plantar flexion right ($^{\circ}$)	Male	0.06	-0.40 to 0.50	0.79
	Female	-0.27	-0.63 to 0.19	0.24
Plantar flexion left ($^{\circ}$)	Male	-0.00	-0.46 to 0.44	0.97
	Female	0.12	-0.33 to 0.53	0.61

Table 4. Scatterplots displaying the correlation analysis (Pearson's coefficient) between absolute ankle isometric muscle strength (kg) and ankle range of motion (°) in male and female practitioners of resistance exercise (n = 40).

		<i>r</i>	Confidence interval (95% CI)	<i>p</i> <
Dorsiflexion right (°)	Male	0.00	-0.45 to 0.45	0.99
	Female	0.03	-0.46 to 0.41	0.89
Dorsiflexion left (°)	Male	0.09	-0.37 to 0.52	0.69
	Female	-0.25	-0.62 to 0.20	0.27
Plantar flexion right (°)	Male	0.52	0.09 to 0.79	< .02
	Female	0.46	0.03 to 0.75	< .03
Plantar flexion left (°)	Male	0.34	-0.13 to 0.68	0.15
	Female	-0.18	-0.58 to 0.28	0.43

Pearson's analysis also illustrated that performance in the single leg hop test was negatively correlated with absolute isometric muscle strength during dorsiflexion in female for both ankles (Right: $r = -0.54$; $p < .01$; left: $r = -0.76$; $p < .0001$) (table 5). Negative correlation also was observed between performance during single leg hop test and absolute isometric muscle strength during plantar flexion in female only for the left ankle ($r = -0.44$; $p < .04$) (table 5).

Table 5. Scatterplots displaying the correlation analysis (Pearson's coefficient) between performance during single leg hop test (second) and absolute ankle isometric muscle strength (kg) in male and female practitioners of resistance exercise (n = 40).

		<i>r</i>	Confidence interval (95% CI)	<i>p</i> <
Dorsiflexion right Absolute isometric muscle strength (kg)	Male	0.07	-0.39 to 0.51	0.75
	Female	-0.54	-0.79 to -0.13	< .01
Dorsiflexion left Absolute isometric muscle strength (kg)	Male	0.38	-0.08 to 0.71	0.10
	Female	-0.76	-0.90 to -0.48	< .0001
Plantar flexion right Absolute isometric muscle strength (kg)	Male	0.39	-0.07 to 0.72	0.09
	Female	-0.36	-0.69 to 0.08	0.11
Plantar flexion left Absolute isometric muscle strength (kg)	Male	0.36	-0.10 to 0.70	0.12
	Female	-0.44	-0.74 to -0.007	< .04

DISCUSSION

The present study showed that male showed greater absolute isometric muscle strength during dorsiflexion and plantar flexion. However, female showed greater plantar flexion ROM. On the other hand, was observed a significant correlation between absolute isometric muscle strength during plantar flexion and plantar flexion ROM in right ankle to both groups. But the main findings showed negative correlation between functional performance and absolute isometric muscle strength during dorsiflexion in female for both ankles. In addition, females also showed negative correlation between functional performance and absolute isometric muscle strength during plantar flexion of the left ankle.

Decreased strength of the ankle musculature decreases the ability to stabilize the lower extremity, resulting in a faulty alignment of the lower extremity (such as adduction and rotation of the hip and knee valgus) (**Maior et al., 2020; Brockett and Chapman, 2016**). Specifically, on the isometric muscle strength during dorsiflexion, our results showed that males had greater production of isometric strength than females (21.2% and 20.8% in the right and left ankles, respectively). Other studies observed a sex difference of the isometric muscle strength during dorsiflexion between 28% and 39% (**Patten and Kamen, 2000; Kent-Braun and NH, 1999**). However, the studies did not use trained subjects (**Patten and Kamen, 2000; Kent-Braun and NH, 1999**). It seems that the main factor for the sex difference in isometric dorsiflexion contraction is related to muscle cross-sectional area (CSA) of the tibialis anterior (i.e., type II muscle fiber diameters in males is 20% larger than females) (**Holmback et al., 2003; Jaworowski et al., 2002**). In addition, the deformation of the surrounding fascicles and retinaculum bands causes the tibialis anterior distal tendon to shift away from the axis of rotation when going from rest to maximum muscle tension (**Maganaris et al., 1999**).

Plantar flexion describes the extension of the ankle so that the foot points down and away from the leg (**Michael et al., 2008; Maior et al., 2020**). Thus, ankle plantar flexors are important muscles to control for the mechanical work during squat exercise while also to strengthen the posterior-lateral muscles of the leg (**Michael et al., 2008; Maior et al., 2020**). Our results reported that males had greater production of isometric strength than females during plantar flexion (18.2% and 18% in the right and left ankles, respectively). Some studies have shown that this sex difference in isometric strength muscle can be related to larger muscle physiological cross-sectional area (CSA) in males (CSA of type II fibers, fasciculus length, and fasciculus angles) being a

factor that can contribute to greater isometric muscle strength (**Fouré et al., 2012; Westh et al., 2008; Blackburn et al., 2008**). In addition, males have a larger Achilles tendon CSA and series elastic component that likely related to increased force generation capacity in the muscle fibers (**Fouré et al., 2012; Westh et al., 2008; Blackburn et al., 2008**). On the other hand, our results showed greater ROM during plantar flexion in females when compared to males (7.8 % and 8.5 % in the right and left ankles, respectively). These results may be related a higher stiffness of the series elastic component and tolerance to muscle stretch (muscle stiffness of plantar flexors) in males (**Fouré et al., 2012; Miyamoto et al., 2018; Cho et al., 2016**).

The functional performance tests require agility to better represent functional movements and may be more difficult to perform with decreased strength and power of the ankle muscles (**Maier et al., 2020; Brockett and Chapman, 2016**). The dorsiflexors are eccentrically contracting to control the concentrically contracted plantar flexors to prepare the foot for push-off during functional performance tests (Single Leg Hop) (**Maier et al., 2020; Blackburn et al., 2008; Newton et al., 2016**). Thus, our results indicate that males showed greater power muscle during functional performance tests. In general, it seems that the morphological difference between sexes is related to the better functional performance possibly associated with greater strength and power of the ankle muscles in males (**Holmback et al., 2003; Jaworowski et al., 2002; Miyamoto et al., 2018; Cho et al., 2016**).

Although our results showed a correlation between absolute ankle isometric muscle strength and plantar flexion ROM. A significant correlation was observed only in the right ankle for males and females. These results may be related to the fact that the dominant leg of the study participants was the right leg and contribute with greater pushing force that leads to more ROM at ankle plantar flexion required for the lower

limb to propel the body forward towards toe-off (**Brockett and Chapman, 2016**). On the other hand, we observed a negative correlation between performance during the single leg hop test and the absolute ankle isometric muscle strength in females. This result makes us hypothesize the participation of other intrinsic factors (i.e., balance; coordination; action of the tibialis anterior and triceps surae muscles) to improve functional performance since we also did not observe a significant correlation between performance during single leg hop test and ankle ROM.

The limitations of the study include the absence of measures of physiological parameters of physical exertion, which would be interesting; this, yet, does not limit the answer to the study question. In addition, longitudinal studies are needed to define a cause-and-effect relationship between sex difference, resistance training model and ankle functional performance.

CONCLUSION

This study showed better ankle functional performance and greater absolute isometric muscle strength during ankle dorsiflexion and plantar flexion in males. On the other hand, plantar flexion ROM was greater in females. However, both sexes showed a positive correlation between absolute ankle isometric muscle strength and plantar flexion ROM. These data contribute to the qualitative and quantitative understanding of sex differences in normal ankle function and may be useful to better understand and treat ankle joint pathologies in a gender-specific manner.

CONFLICT OF INTEREST

The author states no conflict of interest

ACKNOWLEDGMENTS

The investigators would like to thank the 40 healthy male and female that participated in the study. The study was supported by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, Brazil (CAPES), Finance Code 001.

REFERENCE

American College of Sports Medicine. American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. *Med Sci Sports Exerc* 2009;41: 687–708.

Baz-Valle E, Schoenfeld BJ, Torres-Unda J, Santos-Concejero J, Balsalobre-Fernández C. The effects of exercise variation in muscle thickness, maximal strength and motivation in resistance trained men. *PLoS One* 2019;14: e0226989.

Blackburn JT, Padua DA, Guskiewicz KM. Muscle stiffness and spinal stretch reflex sensitivity in the triceps surae. *J Athl Train* 2008; 43:29–36.

Brockett CL, Chapman GJ. Biomechanics of the ankle. *Orthop Trauma*. 2016;30: 232–238.

Cho KH, Jeon Y, Lee H. Range of Motion of the Ankle According to Pushing Force, Gender and Knee Position. *Ann Rehabil Med* 2016; 40: 271-278.

Cho KH, Jeon Y, Lee H. Range of Motion of the Ankle According to Pushing Force, Gender and Knee Position. *Ann Rehabil Med* 2016; 40: 271-278.

Fouré A, Cornu C, McNair PJ, Nordez A. Gender differences in both active and passive parts of the plantar flexors series elastic component stiffness and geometrical parameters of the muscle-tendon complex. *J Orthop Res* 2012; 30: 707-712.

Fukano M, Fukubayashi T, Banks SA. Sex differences in three-dimensional talocrural and subtalar joint kinematics during stance phase in healthy young adults. *Hum Mov Sci* 2018; 61:117-125.

Ha SY, Han JH, Sung YH. Effects of ankle strengthening exercise program on an unstable supporting surface on proprioception and balance in adults with functional ankle instability. *J Exerc Rehabil*. 2018; 14: 301-305.

Holmback AM, Porter MM, Downham D, Andersen JL, Lexell J. Structure and function of the ankle dorsiflexor muscles in young and moderately active men and women. *J Appl Physiol* 2003; 95: 2416–2424.

Jaworowski Å, Porter MM, Holmback AM, Downham D, Lexall J. Enzyme activities in the tibialis anterior muscle of young moderately active men and women: relationship with body composition, muscle cross-sectional area and fiber type composition. *Acta Physiol Scand* 2002; 176: 215–225.

Kaufman KR, Brodine SK, Shaffer RA, Johnson CW, Cullison TR. The effect of footstructure and range of motion on musculoskeletal overuse injuries. *Am J Sports Med* 1999; 27: 585–593.

Kent-Braun JA, NH AV. Specific strength and voluntary muscle activation in young and elderly women and men. *J Appl Physiol* 1999; 87: 22–29.

Lazarou L, Kofotolis N, Pafis G, Kellis E. Effects of two proprioceptive training programs on ankle range of motion, pain, functional and balance performance in individuals with ankle sprain. *J Back Musculoskelet Rehabil* 2018; 31:437–446.

Lima YP, Ferreira VMLM, Lima POP, Bezerra MA, de Oliveira RR, Almeida GPL. The association of ankle dorsiflexion and dynamic knee valgus: A systematic review and meta- analysis. *Phys Ther Sport* 2018; 29: 61–69.

Maganaris CN, Baltzopoulos V, Sargeant AJ. Changes in the tibialis anterior tendon moment arm from rest to maximum isometric dorsiflexion: in vivo observations in man. *Clin Biomech* 1999; 14: 661–666.

Maiores AS, Lobo E, Braz M, Campos Jr, JC, Leporace G. Comparison of ankle range of motion and functional performance between practitioners of resistance exercise with free-weight vs. Machine. *MOJ Sports Med* 2020; 4: 81–85.

Marocolo M, Marocolo IC, Cunha FSB, Mota GR, Maiores AS. Influence of percentage of 1RM strength test on repetition performance during resistance exercise of upper and lower limbs. *Arch Med Deporte*. 2016;33(6):387–392.

McCartney N. Acute responses to resistance training and safety. *Med Sci Sports Exerc* 1999; 31(1): 31-7.

Michael JM, Golshani A, Gargac S, Goswami T. Biomechanics of the ankle joint and clinical outcomes of total ankle replacement. *J Mech Behav Biomed Mater* 2008; 1: 276e94.

Miyamoto N, Hirata K, Miyamoto-Mikami E, Yasuda O, Kanehisa H. Associations of passive muscle stiffness, muscle stretch tolerance, and muscle slack angle with range of motion: individual and sex differences. *Sci Rep* 2018; 8: 8274.

Newton RU, Gerber A, Nimphius S, Shim KJ, Doan BK, Robertson M. Determination of functional strength imbalance of the lower extremities. *J Strength Con Res* 2006; 20: 971-977.

Patten C, Kamen G. Adaptations in motor unit discharge activity with force control training in young and older adults. *Eur J Appl Physiol* 2000; 83: 128–143.

Westh E, Kongsgaard M, Bojsen-Moller J. Effect of habitual exercise on the structural and mechanical properties of human tendon, in vivo, in men and women. *Scand J Med Sci Sports* 2008;18: 23–30.

Youdas J W, McLean T J, Krause D A, Hollman J H. Changes in active ankle dorsiflexion range of motion after acute inversion ankle sprain. *J Sport Rehabil* 2009;18: 358-374.

Capítulo 4 Produção Intelectual

4.1 Manuscrito #1

4.1.1 Metadados do manuscrito #1.

Journal:	<i>Journal of Exercise Rehabilitation</i>
Two-year Impact Factor (YEAR)¹:	B1
Classificação Qualis (ANO)²:	2013-2016
Submetido/Revisado/Aceito em:	18-01-2021

4.1.2 Contribuição dos autores do manuscrito #1 de acordo com a proposta *Contributor Roles Taxonomy (CRediT)*³.

Iniciais dos autores, em ordem:	MVSB	ASM				
Concepção	X	X				
Métodos		X				
Programação		X				
Validação		X				
Análise formal		X				
Investigação	X	X				
Recursos	X					
Manejo dos dados	X	X				
Redação do rascunho	X					

¹ Disponível para consulta em: www.scimagojr.com

² Disponível para consulta em: www.sucupira.capes.gov.br

Revisão e edição	X	X				
Visualização	X	X				
Supervisão		X				
Administração do projeto		X				
Obtenção de financiamento		X				

5 Considerações Finais

5.1 Síntese

Este estudo mostrou melhor desempenho funcional do tornozelo e maior força muscular isométrica absoluta durante a dorsiflexão e flexão plantar do tornozelo no sexo masculino. Por outro lado, a ADM de flexão plantar foi maior no sexo feminino. No entanto, ambos os sexos mostraram uma correlação positiva entre a força muscular isométrica absoluta do tornozelo e a ADM de flexão plantar. Esses dados contribuem para a compreensão qualitativa e quantitativa das diferenças sexuais na função normal do tornozelo e podem ser úteis para melhor compreender e tratar patologias da articulação do tornozelo de uma maneira específica ao gênero.

Referências

- BARELDS, I.; BROEK, A. G. VAN DEN; HUISSTEDE, B. M. A. Ankle Bracing is Effective for Primary and Secondary Prevention of Acute Ankle Injuries in Athletes: A Systematic Review and Meta-Analyses. **Sports Medicine**, n. 0123456789, 2018.
- BROCKETT, C. L.; CHAPMAN, G. J. Biomechanics of the ankle. **Orthopaedics and Trauma**, v. 30, n. 3, p. 232–238, 2016.
- CALATAYUD, J. et al. Exercise and ankle sprain injuries: A comprehensive review. **Physician and Sportsmedicine**, v. 42, n. 1, p. 88–93, 2014.
- CHEN, H. et al. Difference in postural control between patients with functional and mechanical ankle instability. **Foot and Ankle International**, v. 35, n. 10, p. 1068–1074, 2014.
- CZAJKA, C. M. et al. Ankle sprains and instability. **Medical Clinics of North America**, v. 98, n. 2, p. 313–329, 2014.
- DEIVENDRAN KALIRATHINAM, S. Effect of Neuromuscular Training in the Rehabilitation of Ankle Lateral Ligament Injuries - A Review. **Health Science Journal**, p. 1–10, 2016.
- DOHERTY, C. et al. The incidence and prevalence of ankle sprain injury: A systematic review and meta-analysis of prospective epidemiological studies. **Sports Medicine**, v. 44, n. 1, p. 123–140, 2014.
- DRUMMOND, M. D. M. et al. Effect of local vibration during resistance exercise on muscle hypertrophy. **Journal of Exercise Physiology Online**, v. 20, n. 5, p. 69–79, 2017.
- FONG, C. M. et al. Ankle-dorsiflexion range of motion and landing biomechanics. **Journal of Athletic Training**, v. 46, n. 1, p. 5–10, 2011.
- GRIMM, N. et al. Ankle Injury Prevention Programs for Soccer Athletes Are Protective. **Journal of bone and joint surgery**, v. 98, p. 1436–1443, 2016.
- HA, S.-Y.; HAN, J.-H.; SUNG, Y.-H. Effects of ankle strengthening exercise program on an unstable supporting surface on proprioception and balance in adults with functional ankle instability. **Journal of Exercise Rehabilitation**, v. 14, n. 2, p. 301–305, 2018.
- HALL, E. A. et al. Strength-training protocols to improve deficits in participants with chronic ankle instability: A randomized controlled trial. **Journal of Athletic Training**,

v. 50, n. 1, p. 36–44, 2015.

HANZLICK, H.; LEE, H. Gender difference of ankle stability in the sagittal and frontal planes. **Proceedings of the Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, EMBS**, p. 1621–1624, 2017.

HERB, C. C. et al. Shank-Rearfoot Joint Coupling With Chronic Ankle Instability Shank-Rearfoot Joint Coupling With Chronic Ankle Instability. **Journal of Applied Biomechanics**, v. 30, p. 366–372, 2014.

HERB, C. C. et al. Lower Extremity Biomechanics During a Drop-Vertical Jump in Participants With or Without Chronic Ankle Instability. **Journal of Athletic Training**, v. 53, n. 4, p. 364–371, 2018.

HOCH, M. C. et al. Sagittal plane gait kinematics in individuals with chronic ankle instability. **International Journal of Athletic Therapy and Training**, v. 21, n. 5, p. 28–35, 2016.

JABER, H. et al. Neuromuscular control of ankle and hip during performance of the star excursion balance test in subjects with and without chronic ankle instability. **PLoS ONE**, v. 13, n. 8, p. 1–16, 2018.

KAUFMAN, K. R. et al. The effect of foot structure and range of motion on musculoskeletal overuse injuries. **American Journal of Sports Medicine**, v. 27, n. 5, p. 585–593, 1999.

KAWAKAMI, Y.; KANEHISA, H.; FUKUNAGA, T. The relationship between passive ankle plantar flexion joint torque and gastrocnemius muscle and achilles tendon stiffness: Implications for flexibility. **Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy**, v. 38, n. 5, p. 269–276, 2008.

KNAPIK, D. M. et al. Conservative Management for Stable High Ankle Injuries in Professional Football Players. **Sports Health**, v. 10, n. 1, p. 80–84, 2018.

KRAEMER, W. J. et al. Progression models in resistance training for healthy adults. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 34, n. 2, p. 364–380, 2002.

KUNZ, R. I. et al. Effects of immobilization and remobilization on the ankle joint in Wistar rats. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, v. 47, n. 10, p. 842–849, 2014.

LAZAROU, L. et al. Effects of two proprioceptive training programs on ankle range of motion, pain, functional and balance performance in individuals with ankle sprain. **Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation**, v. 31, n. 3, p. 437–446, 2018.

LEARDINI, A.; O'CONNOR, J. J.; GIANNINI, S. Biomechanics of the natural, arthritic,

and replaced human ankle joint. **Journal of Foot and Ankle Research**, v. 7, n. 1, p. 1–16, 2014.

LEE, J. H. et al. Individuals with recurrent ankle sprain demonstrate postural instability and neuromuscular control deficits in unaffected side. **Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy**, v. 0, n. 0, p. 0, 2018.

LIMA, Y. L. et al. The association of ankle dorsiflexion and dynamic knee valgus: A systematic review and meta-analysis. **Physical Therapy in Sport**, v. 29, p. 61–69, 2018.

LUCAS-CUEVAS, A. G. et al. Ankle muscle strength influence on muscle activation during dynamic and static ankle training modalities. **Journal of Sports Sciences**, v. 34, n. 9, p. 803–810, 2016.

MAIOR, A. S. et al. Variação da sobrecarga de treinamento no comportamento da força muscular e da percepção subjetiva de dor em mulheres sedentárias. **Medicina**, v. 41, n. 2, p. 168–176, 2008.

MAIOR, A. S. Fisiologia dos exercícios resistidos. **Phorte Editora**, 2013.

MAROCOLO, M. et al. Influence of percentage of 1 RM strength test on repetition performance during resistance exercise of upper and lower limbs. **Archivos de Medicina del Deporte**, v. 33, n. 6, p. 387–392, 2016.

MATTACOLA, C. G.; DWYER, M. K. Rehabilitation of the Ankle After Acute Sprain or Chronic Instability. **Journal of Athletic Training**, v. 37, n. 4, p. 413–429, 2002.

MAUNTEL, T. C. et al. The Epidemiology of High Ankle Sprains in National Collegiate Athletic Association Sports. **American Journal of Sports Medicine**, v. 45, n. 9, p. 2156–2163, 2017.

MCGOWAN, C. P.; NEPTUNE, R. R.; KRAM, R. Independent effects of weight and mass on plantar flexor activity during walking: implications for their contributions to body support and forward propulsion. **Journal of Applied Physiology**, v. 105, n. 2, p. 486–494, 2008.

MEDICA, E. M. et al. Exercise based interventions for physically active individuals with functional ankle instability: a systematic literature review. **The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, 2018.

MIKLOVIC, T. M. et al. Acute lateral ankle sprain to chronic ankle instability: a pathway of dysfunction. **Physician and Sportsmedicine**, v. 46, n. 1, p. 116–122, 2018.

NEPTUNE, R. R. Ankle plantar flexor force production is an important determinant of the preferred walk-to-run transition speed. **Journal of Experimental Biology**, v. 208,

n. 5, p. 799–808, 2005.

OGASAWARA, R. et al. Time course for arm and chest muscle thickness changes following bench press training. **Interventional Medicine and Applied Science**, v. 4, n. 2, p. 103–105, 2012.

PRINOLD, J. A. I. et al. A Patient-Specific Foot Model for the Estimate of Ankle Joint Forces in Patients with Juvenile Idiopathic Arthritis. **Annals of Biomedical Engineering**, v. 44, n. 1, p. 247–257, 2016.

RAJAN, P.; PORTER, M. M. Velocity during Strength and Power Training of the Ankle Plantar and Dorsiflexor Muscles in Older Patients Attending Day Hospital Rehabilitation. **Rehabilitation Research and Practice**, v. 2015, p. 1–6, 2015.

RAY, R. G. Arthroscopic Anatomy of the Ankle Joint. **Clinics in Podiatric Medicine and Surgery**, v. 33, n. 4, p. 467–480, 2016.

SAKANAKA, T. E. et al. Intrinsic ankle stiffness during standing increases with ankle torque and passive stretch of the Achilles tendon. **PLoS ONE**, v. 13, n. 3, p. 1–21, 2018.

SCHIFTAN, G. S.; ROSS, L. A.; HAHNE, A. J. The effectiveness of proprioceptive training in preventing ankle sprains in sporting populations: A systematic review and meta-analysis. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 18, n. 3, p. 238–244, 2015.

SHANE SCHWANBECK, PHILIP D.CHILIBECK, AND G. B. Acomparison of free weight squat to smith machine squat using electromyography. **Journal of Strength and Conditioning Research**, 2009.

SHAWEN, S. B.; DWORAK, T.; ANDERSON, R. B. Return to Play Following Ankle Sprain and Lateral Ligament Reconstruction. **Clinics in Sports Medicine**, v. 35, n. 4, p. 697–709, 2016.

SLATER, K. Acute Lateral Ankle Instability. **Foot and Ankle Clinics**, v. 23, n. 4, p. 523–537, 2018.

SMITH, B. I. et al. Ankle strength and force sense after a progressive, 6-week strength-training program in people with functional ankle instability. **Journal of Athletic Training**, v. 47, n. 3, p. 282–288, 2012.

STONE, M.; COLLINS, D.; PLISK, S. Strength and conditioning: Training principles: Evaluation of modes and methods of resistance training -a coaching perspective. **Sports Biomechanics**, v. 1, n. 1, p. 79–103, 2002.

TORP, D. M.; THOMAS, A. C.; DONOVAN, L. External feedback during walking

improves measures of plantar pressure in individuals with chronic ankle instability. **Gait & Posture**, v. 67, n. July 2018, p. 236–241, 2018.

WELCH, N. et al. The effects of a free-weight-based resistance training intervention on pain, squat biomechanics and MRI-defined lumbar fat infiltration and functional cross-sectional area in those with chronic low back. **BMJ Open Sport and Exercise Medicine**, v. 1, n. 1, 2015.

WIERSMA, A. J. et al. Epidemiologic comparison of ankle injuries presenting to US emergency departments versus high school and collegiate athletic training settings. **Injury Epidemiology**, v. 5, n. 1, 2018.

YOUDAS, J. W. et al. Changes in active ankle dorsiflexion range of motion after acute inversion ankle sprain. **Journal of sport rehabilitation**, v. 18, n. 3, p. 358–74, 2009.

BARELDS, I.; BROEK, A. G. VAN DEN; HUISSTEDE, B. M. A. Ankle Bracing is Effective for Primary and Secondary Prevention of Acute Ankle Injuries in Athletes: A Systematic Review and Meta-Analyses. **Sports Medicine**, n. 0123456789, 2018.

BROCKETT, C. L.; CHAPMAN, G. J. Biomechanics of the ankle. **Orthopaedics and Trauma**, v. 30, n. 3, p. 232–238, 2016.

CALATAYUD, J. et al. Exercise and ankle sprain injuries: A comprehensive review. **Physician and Sportsmedicine**, v. 42, n. 1, p. 88–93, 2014.

CHEN, H. et al. Difference in postural control between patients with functional and mechanical ankle instability. **Foot and Ankle International**, v. 35, n. 10, p. 1068–1074, 2014.

CZAJKA, C. M. et al. Ankle sprains and instability. **Medical Clinics of North America**, v. 98, n. 2, p. 313–329, 2014.

DEIVENDRAN KALIRATHINAM, S. Effect of Neuromuscular Training in the Rehabilitation of Ankle Lateral Ligament Injuries - A Review. **Health Science Journal**, p. 1–10, 2016.

DOHERTY, C. et al. The incidence and prevalence of ankle sprain injury: A systematic review and meta-analysis of prospective epidemiological studies. **Sports Medicine**, v. 44, n. 1, p. 123–140, 2014.

DRUMMOND, M. D. M. et al. Effect of local vibration during resistance exercise on muscle hypertrophy. **Journal of Exercise Physiology Online**, v. 20, n. 5, p. 69–79, 2017.

FONG, C. M. et al. Ankle-dorsiflexion range of motion and landing biomechanics.

Journal of Athletic Training, v. 46, n. 1, p. 5–10, 2011.

GRIMM, N. et al. Ankle Injury Prevention Programs for Soccer Athletes Are Protective. **Journal of bone and joint surgery**, v. 98, p. 1436–1443, 2016.

HA, S.-Y.; HAN, J.-H.; SUNG, Y.-H. Effects of ankle strengthening exercise program on an unstable supporting surface on proprioception and balance in adults with functional ankle instability. **Journal of Exercise Rehabilitation**, v. 14, n. 2, p. 301–305, 2018.

HALL, E. A. et al. Strength-training protocols to improve deficits in participants with chronic ankle instability: A randomized controlled trial. **Journal of Athletic Training**, v. 50, n. 1, p. 36–44, 2015.

HANZLICK, H.; LEE, H. Gender difference of ankle stability in the sagittal and frontal planes. **Proceedings of the Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, EMBS**, p. 1621–1624, 2017.

HERB, C. C. et al. Shank-Rearfoot Joint Coupling With Chronic Ankle Instability Shank-Rearfoot Joint Coupling With Chronic Ankle Instability. **Journal of Applied Biomechanics**, v. 30, p. 366–372, 2014.

HERB, C. C. et al. Lower Extremity Biomechanics During a Drop-Vertical Jump in Participants With or Without Chronic Ankle Instability. **Journal of Athletic Training**, v. 53, n. 4, p. 364–371, 2018.

HOCH, M. C. et al. Sagittal plane gait kinematics in individuals with chronic ankle instability. **International Journal of Athletic Therapy and Training**, v. 21, n. 5, p. 28–35, 2016.

JABER, H. et al. Neuromuscular control of ankle and hip during performance of the star excursion balance test in subjects with and without chronic ankle instability. **PLoS ONE**, v. 13, n. 8, p. 1–16, 2018.

KAUFMAN, K. R. et al. The effect of foot structure and range of motion on musculoskeletal overuse injuries. **American Journal of Sports Medicine**, v. 27, n. 5, p. 585–593, 1999.

KAWAKAMI, Y.; KANEHISA, H.; FUKUNAGA, T. The relationship between passive ankle plantar flexion joint torque and gastrocnemius muscle and achilles tendon stiffness: Implications for flexibility. **Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy**, v. 38, n. 5, p. 269–276, 2008.

KNAPIK, D. M. et al. Conservative Management for Stable High Ankle Injuries in Professional Football Players. **Sports Health**, v. 10, n. 1, p. 80–84, 2018.

- KRAEMER, W. J. et al. Progression models in resistance training for healthy adults. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 34, n. 2, p. 364–380, 2002.
- KUNZ, R. I. et al. Effects of immobilization and remobilization on the ankle joint in Wistar rats. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, v. 47, n. 10, p. 842–849, 2014.
- LAZAROU, L. et al. Effects of two proprioceptive training programs on ankle range of motion, pain, functional and balance performance in individuals with ankle sprain. **Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation**, v. 31, n. 3, p. 437–446, 2018.
- LEARDINI, A.; O'CONNOR, J. J.; GIANNINI, S. Biomechanics of the natural, arthritic, and replaced human ankle joint. **Journal of Foot and Ankle Research**, v. 7, n. 1, p. 1–16, 2014.
- LEE, J. H. et al. Individuals with recurrent ankle sprain demonstrate postural instability and neuromuscular control deficits in unaffected side. **Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy**, v. 0, n. 0, p. 0, 2018.
- LIMA, Y. L. et al. The association of ankle dorsiflexion and dynamic knee valgus: A systematic review and meta-analysis. **Physical Therapy in Sport**, v. 29, p. 61–69, 2018.
- LUCAS-CUEVAS, A. G. et al. Ankle muscle strength influence on muscle activation during dynamic and static ankle training modalities. **Journal of Sports Sciences**, v. 34, n. 9, p. 803–810, 2016.
- MAIOR, A. S. et al. Variação da sobrecarga de treinamento no comportamento da força muscular e da percepção subjetiva de dor em mulheres sedentárias. **Medicina**, v. 41, n. 2, p. 168–176, 2008.
- MAIOR, A. S. Fisiologia dos exercícios resistidos. **Phorte Editora**, 2013.
- MAROCOLO, M. et al. Influence of percentage of 1 RM strength test on repetition performance during resistance exercise of upper and lower limbs. **Archivos de Medicina del Deporte**, v. 33, n. 6, p. 387–392, 2016.
- MATTACOLA, C. G.; DWYER, M. K. Rehabilitation of the Ankle After Acute Sprain or Chronic Instability. **Journal of Athletic Training**, v. 37, n. 4, p. 413–429, 2002.
- MAUNTEL, T. C. et al. The Epidemiology of High Ankle Sprains in National Collegiate Athletic Association Sports. **American Journal of Sports Medicine**, v. 45, n. 9, p. 2156–2163, 2017.
- MCGOWAN, C. P.; NEPTUNE, R. R.; KRAM, R. Independent effects of weight and mass on plantar flexor activity during walking: implications for their contributions to

body support and forward propulsion. **Journal of Applied Physiology**, v. 105, n. 2, p. 486–494, 2008.

MEDICA, E. M. et al. Exercise based interventions for physically active individuals with functional ankle instability : a systematic literature review. **The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, 2018.

MIKLOVIC, T. M. et al. Acute lateral ankle sprain to chronic ankle instability: a pathway of dysfunction. **Physician and Sportsmedicine**, v. 46, n. 1, p. 116–122, 2018.

NEPTUNE, R. R. Ankle plantar flexor force production is an important determinant of the preferred walk-to-run transition speed. **Journal of Experimental Biology**, v. 208, n. 5, p. 799–808, 2005.

OGASAWARA, R. et al. Time course for arm and chest muscle thickness changes following bench press training. **Interventional Medicine and Applied Science**, v. 4, n. 2, p. 103–105, 2012.

PRINOLD, J. A. I. et al. A Patient-Specific Foot Model for the Estimate of Ankle Joint Forces in Patients with Juvenile Idiopathic Arthritis. **Annals of Biomedical Engineering**, v. 44, n. 1, p. 247–257, 2016.

RAJAN, P.; PORTER, M. M. Velocity during Strength and Power Training of the Ankle Plantar and Dorsiflexor Muscles in Older Patients Attending Day Hospital Rehabilitation. **Rehabilitation Research and Practice**, v. 2015, p. 1–6, 2015.

RAY, R. G. Arthroscopic Anatomy of the Ankle Joint. **Clinics in Podiatric Medicine and Surgery**, v. 33, n. 4, p. 467–480, 2016.

SAKANAKA, T. E. et al. Intrinsic ankle stiffness during standing increases with ankle torque and passive stretch of the Achilles tendon. **PLoS ONE**, v. 13, n. 3, p. 1–21, 2018.

SCHIFTAN, G. S.; ROSS, L. A.; HAHNE, A. J. The effectiveness of proprioceptive training in preventing ankle sprains in sporting populations: A systematic review and meta-analysis. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 18, n. 3, p. 238–244, 2015.

SHANE SCHWANBECK, PHILIP D.CHILIBECK, AND G. B. Acomparison of free weight squat to smith machine squat using electromyography. **Journal of Strength and Conditioning Research**, 2009.

SHAWEN, S. B.; DWORAK, T.; ANDERSON, R. B. Return to Play Following Ankle Sprain and Lateral Ligament Reconstruction. **Clinics in Sports Medicine**, v. 35, n. 4, p. 697–709, 2016.

- SLATER, K. Acute Lateral Ankle Instability. **Foot and Ankle Clinics**, v. 23, n. 4, p. 523–537, 2018.
- SMITH, B. I. et al. Ankle strength and force sense after a progressive, 6-week strength-training program in people with functional ankle instability. **Journal of Athletic Training**, v. 47, n. 3, p. 282–288, 2012.
- STONE, M.; COLLINS, D.; PLISK, S. Strength and conditioning: Training principles: Evaluation of modes and methods of resistance training -a coaching perspective. **Sports Biomechanics**, v. 1, n. 1, p. 79–103, 2002.
- TORP, D. M.; THOMAS, A. C.; DONOVAN, L. External feedback during walking improves measures of plantar pressure in individuals with chronic ankle instability. **Gait & Posture**, v. 67, n. July 2018, p. 236–241, 2018.
- WELCH, N. et al. The effects of a free-weight-based resistance training intervention on pain, squat biomechanics and MRI-defined lumbar fat infiltration and functional cross-sectional area in those with chronic low back. **BMJ Open Sport and Exercise Medicine**, v. 1, n. 1, 2015.
- WIERSMA, A. J. et al. Epidemiologic comparison of ankle injuries presenting to US emergency departments versus high school and collegiate athletic training settings. **Injury Epidemiology**, v. 5, n. 1, 2018.
- YOUDAS, J. W. et al. Changes in active ankle dorsiflexion range of motion after acute inversion ankle sprain. **Journal of sport rehabilitation**, v. 18, n. 3, p. 358–74, 2009.
- BARELDS, I.; BROEK, A. G. VAN DEN; HUISSTEDE, B. M. A. Ankle Bracing is Effective for Primary and Secondary Prevention of Acute Ankle Injuries in Athletes: A Systematic Review and Meta-Analyses. **Sports Medicine**, n. 0123456789, 2018.
- BROCKETT, C. L.; CHAPMAN, G. J. Biomechanics of the ankle. **Orthopaedics and Trauma**, v. 30, n. 3, p. 232–238, 2016.
- CALATAYUD, J. et al. Exercise and ankle sprain injuries: A comprehensive review. **Physician and Sportsmedicine**, v. 42, n. 1, p. 88–93, 2014.
- CHEN, H. et al. Difference in postural control between patients with functional and mechanical ankle instability. **Foot and Ankle International**, v. 35, n. 10, p. 1068–1074, 2014.
- CZAJKA, C. M. et al. Ankle sprains and instability. **Medical Clinics of North America**, v. 98, n. 2, p. 313–329, 2014.
- DEIVENDRAN KALIRATHINAM, S. Effect of Neuromuscular Training in the Rehabilitation of Ankle Lateral Ligament Injuries - A Review. **Health Science Journal**,

p. 1–10, 2016.

DOHERTY, C. et al. The incidence and prevalence of ankle sprain injury: A systematic review and meta-analysis of prospective epidemiological studies. **Sports Medicine**, v. 44, n. 1, p. 123–140, 2014.

DRUMMOND, M. D. M. et al. Effect of local vibration during resistance exercise on muscle hypertrophy. **Journal of Exercise Physiology Online**, v. 20, n. 5, p. 69–79, 2017.

FONG, C. M. et al. Ankle-dorsiflexion range of motion and landing biomechanics. **Journal of Athletic Training**, v. 46, n. 1, p. 5–10, 2011.

GRIMM, N. et al. Ankle Injury Prevention Programs for Soccer Athletes Are Protective. **Journal of bone and joint surgery**, v. 98, p. 1436–1443, 2016.

HA, S.-Y.; HAN, J.-H.; SUNG, Y.-H. Effects of ankle strengthening exercise program on an unstable supporting surface on proprioception and balance in adults with functional ankle instability. **Journal of Exercise Rehabilitation**, v. 14, n. 2, p. 301–305, 2018.

HALL, E. A. et al. Strength-training protocols to improve deficits in participants with chronic ankle instability: A randomized controlled trial. **Journal of Athletic Training**, v. 50, n. 1, p. 36–44, 2015.

HANZLICK, H.; LEE, H. Gender difference of ankle stability in the sagittal and frontal planes. **Proceedings of the Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, EMBS**, p. 1621–1624, 2017.

HERB, C. C. et al. Shank-Rearfoot Joint Coupling With Chronic Ankle Instability Shank-Rearfoot Joint Coupling With Chronic Ankle Instability. **Journal of Applied Biomechanics**, v. 30, p. 366–372, 2014.

HERB, C. C. et al. Lower Extremity Biomechanics During a Drop-Vertical Jump in Participants With or Without Chronic Ankle Instability. **Journal of Athletic Training**, v. 53, n. 4, p. 364–371, 2018.

HOCH, M. C. et al. Sagittal plane gait kinematics in individuals with chronic ankle instability. **International Journal of Athletic Therapy and Training**, v. 21, n. 5, p. 28–35, 2016.

JABER, H. et al. Neuromuscular control of ankle and hip during performance of the star excursion balance test in subjects with and without chronic ankle instability. **PLoS ONE**, v. 13, n. 8, p. 1–16, 2018.

KAUFMAN, K. R. et al. The effect of foot structure and range of motion on

musculoskeletal overuse injuries. **American Journal of Sports Medicine**, v. 27, n. 5, p. 585–593, 1999.

KAWAKAMI, Y.; KANEHISA, H.; FUKUNAGA, T. The relationship between passive ankle plantar flexion joint torque and gastrocnemius muscle and achilles tendon stiffness: Implications for flexibility. **Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy**, v. 38, n. 5, p. 269–276, 2008.

KNAPIK, D. M. et al. Conservative Management for Stable High Ankle Injuries in Professional Football Players. **Sports Health**, v. 10, n. 1, p. 80–84, 2018.

KRAEMER, W. J. et al. Progression models in resistance training for healthy adults. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 34, n. 2, p. 364–380, 2002.

KUNZ, R. I. et al. Effects of immobilization and remobilization on the ankle joint in Wistar rats. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, v. 47, n. 10, p. 842–849, 2014.

LAZAROU, L. et al. Effects of two proprioceptive training programs on ankle range of motion, pain, functional and balance performance in individuals with ankle sprain. **Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation**, v. 31, n. 3, p. 437–446, 2018.

LEARDINI, A.; O'CONNOR, J. J.; GIANNINI, S. Biomechanics of the natural, arthritic, and replaced human ankle joint. **Journal of Foot and Ankle Research**, v. 7, n. 1, p. 1–16, 2014.

LEE, J. H. et al. Individuals with recurrent ankle sprain demonstrate postural instability and neuromuscular control deficits in unaffected side. **Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy**, v. 0, n. 0, p. 0, 2018.

LIMA, Y. L. et al. The association of ankle dorsiflexion and dynamic knee valgus: A systematic review and meta-analysis. **Physical Therapy in Sport**, v. 29, p. 61–69, 2018.

LUCAS-CUEVAS, A. G. et al. Ankle muscle strength influence on muscle activation during dynamic and static ankle training modalities. **Journal of Sports Sciences**, v. 34, n. 9, p. 803–810, 2016.

MAIOR, A. S. et al. Variação da sobrecarga de treinamento no comportamento da força muscular e da percepção subjetiva de dor em mulheres sedentárias. **Medicina**, v. 41, n. 2, p. 168–176, 2008.

MAIOR, A. S. Fisiologia dos exercícios resistidos. **Phorte Editora**, 2013.

MAROCOLO, M. et al. Influence of percentage of 1 RM strength test on repetition performance during resistance exercise of upper and lower limbs. **Archivos de**

Medicina del Deporte, v. 33, n. 6, p. 387–392, 2016.

MATTACOLA, C. G.; DWYER, M. K. Rehabilitation of the Ankle After Acute Sprain or Chronic Instability. **Journal of Athletic Training**, v. 37, n. 4, p. 413–429, 2002.

MAUNTEL, T. C. et al. The Epidemiology of High Ankle Sprains in National Collegiate Athletic Association Sports. **American Journal of Sports Medicine**, v. 45, n. 9, p. 2156–2163, 2017.

MCGOWAN, C. P.; NEPTUNE, R. R.; KRAM, R. Independent effects of weight and mass on plantar flexor activity during walking: implications for their contributions to body support and forward propulsion. **Journal of Applied Physiology**, v. 105, n. 2, p. 486–494, 2008.

MEDICA, E. M. et al. Exercise based interventions for physically active individuals with functional ankle instability: a systematic literature review. **The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, 2018.

MIKLOVIC, T. M. et al. Acute lateral ankle sprain to chronic ankle instability: a pathway of dysfunction. **Physician and Sportsmedicine**, v. 46, n. 1, p. 116–122, 2018.

NEPTUNE, R. R. Ankle plantar flexor force production is an important determinant of the preferred walk-to-run transition speed. **Journal of Experimental Biology**, v. 208, n. 5, p. 799–808, 2005.

OGASAWARA, R. et al. Time course for arm and chest muscle thickness changes following bench press training. **Interventional Medicine and Applied Science**, v. 4, n. 2, p. 103–105, 2012.

PRINOLD, J. A. I. et al. A Patient-Specific Foot Model for the Estimate of Ankle Joint Forces in Patients with Juvenile Idiopathic Arthritis. **Annals of Biomedical Engineering**, v. 44, n. 1, p. 247–257, 2016.

RAJAN, P.; PORTER, M. M. Velocity during Strength and Power Training of the Ankle Plantar and Dorsiflexor Muscles in Older Patients Attending Day Hospital Rehabilitation. **Rehabilitation Research and Practice**, v. 2015, p. 1–6, 2015.

RAY, R. G. Arthroscopic Anatomy of the Ankle Joint. **Clinics in Podiatric Medicine and Surgery**, v. 33, n. 4, p. 467–480, 2016.

SAKANAKA, T. E. et al. Intrinsic ankle stiffness during standing increases with ankle torque and passive stretch of the Achilles tendon. **PLoS ONE**, v. 13, n. 3, p. 1–21, 2018.

SCHIFTAN, G. S.; ROSS, L. A.; HAHNE, A. J. The effectiveness of proprioceptive training in preventing ankle sprains in sporting populations: A systematic review and

meta-analysis. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 18, n. 3, p. 238–244, 2015.

SHANE SCHWANBECK, PHILIP D.CHILIBECK, AND G. B. Acomparison of free weight squat to smith machine squat using electromyography. **Journal of Strength and Conditioning Research**, 2009.

SHAWEN, S. B.; DWORAK, T.; ANDERSON, R. B. Return to Play Following Ankle Sprain and Lateral Ligament Reconstruction. **Clinics in Sports Medicine**, v. 35, n. 4, p. 697–709, 2016.

SLATER, K. Acute Lateral Ankle Instability. **Foot and Ankle Clinics**, v. 23, n. 4, p. 523–537, 2018.

SMITH, B. I. et al. Ankle strength and force sense after a progressive, 6-week strength-training program in people with functional ankle instability. **Journal of Athletic Training**, v. 47, n. 3, p. 282–288, 2012.

STONE, M.; COLLINS, D.; PLISK, S. Strength and conditioning: Training principles: Evaluation of modes and methods of resistance training -a coaching perspective. **Sports Biomechanics**, v. 1, n. 1, p. 79–103, 2002.

TORP, D. M.; THOMAS, A. C.; DONOVAN, L. External feedback during walking improves measures of plantar pressure in individuals with chronic ankle instability. **Gait & Posture**, v. 67, n. July 2018, p. 236–241, 2018.

WELCH, N. et al. The effects of a free-weight-based resistance training intervention on pain, squat biomechanics and MRI-defined lumbar fat infiltration and functional cross-sectional area in those with chronic low back. **BMJ Open Sport and Exercise Medicine**, v. 1, n. 1, 2015.

WIERSMA, A. J. et al. Epidemiologic comparison of ankle injuries presenting to US emergency departments versus high school and collegiate athletic training settings. **Injury Epidemiology**, v. 5, n. 1, 2018.

YOUDAS, J. W. et al. Changes in active ankle dorsiflexion range of motion after acute inversion ankle sprain. **Journal of sport rehabilitation**, v. 18, n. 3, p. 358–74, 2009.

APÊNDICE I

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

COMPARAÇÃO DA FORÇA MUSCULAR, FUNCIONALIDADE E MOBILIDADE DOS TORNOZELOS ENTRE HOMENS E MULHERES PRATICANTES DE EXERCÍCIOS DE FORÇA COM PESOS LIVRES

Nome do participante:

Este é um projeto de pesquisa realizado pelo laboratório do programa de Pós-graduação *stricto sensu* em Ciências da Reabilitação, no Centro Universitário Augusto Motta, *campus* Bonsucesso (RJ), sob a responsabilidade do pesquisador Marcos Vinicius Santos Braz

Este trabalho tem o seguinte objetivo: O objetivo do presente estudo será comparar a funcionalidade, a força muscular e a amplitude do movimento durante a dorsiflexão e flexão plantar dos tornozelos entre homens e mulheres praticantes de exercício de resistência com pesos livres e sedentários.

Como será feito o estudo: Se você aceitar participar deste estudo, será preenchido um questionário de prontidão para a prática de atividade física (PAR-Q), além do preenchimento deste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), cujo lhe será fornecido uma via deste termo. Serão feitas três avaliações: Amplitude de movimento do tornozelo; Teste funcional de desempenho do tornozelo; Avaliação de força dos músculos que estabilizam os tornozelos. As análises serão feitas em sua totalidade no mesmo dia.

O teste funcional de desempenho do tornozelo pode resultar em dores musculares logo após e tempos depois, além disso, pode apresentar risco de lesões articulares e/ou musculares. Ocorrendo qualquer intercorrência ortopédica, será disponibilizado um veículo para leva-lo ao pronto socorro, e sendo necessário, você será ressarcido de eventuais danos a sua saúde e/ou lesões.

Benefícios esperados e todos os resultados, você terá acesso, tanto aos resultados quanto à força dos músculos dos membros inferiores durante os testes, quanto ao grau de funcionalidade dos tornozelos, além de possíveis desequilíbrios em algumas dessas análises.

Vale ressaltar, que sua participação no estudo é totalmente voluntária e você pode deixar de participar a qualquer momento da coleta.

Todas as informações obtidas neste estudo são confidenciais, uma vez que seu nome não será associado às análises a serem realizadas. Os dados serão divulgados de forma a não possibilitar sua identificação. Os resultados serão divulgados em apresentações ou publicações com fins científicos ou educativos.

Em caso de dúvidas, o participante poderá a qualquer momento interpelar o pesquisador, tanto durante os testes, quanto após, acessando o profissional responsável, Marcos Vinicius Santos Braz (CPF: 146.137.927-03) no telefone (21) 97302-8839, sob orientação do Prof. Dr. Alex Souto Maior. Se tiver alguma consideração ou dúvida sobre a ética da pesquisa, entre em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa (CEP): Praça das Nações, nº 34 - Bonsucesso, Rio de Janeiro – RJ, Tel.: (21) 3882-9797 (ramal 1015), e-mail: comitedeetica@unisuam.edu.br.

Responda as perguntas a seguir, circulando a resposta SIM ou NÃO:

1- O senhor (a) leu o termo de consentimento?

()SIM ()NÃO

2- Foram respondidas todas as suas perguntas sobre o estudo?

()SIM ()NÃO

3- O senhor (a) se sente completamente esclarecido (a) sobre o estudo?

()SIM ()NÃO

Se concorda em participar deste estudo, por favor assine o seu nome abaixo:

Assinatura do Participante
responsável

Assinatura do profissional

Apêndice 1 – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

TÍTULO CIENTÍFICO DO PROTOCOLO DE PESQUISA

Elaborado a partir da Res. nº466 de 10/12/2012 do Conselho Nacional de Saúde

Breve justificativa e objetivos da pesquisa: Texto.

Procedimentos: Texto.

Potenciais riscos e benefícios: Texto.

Garantia de sigilo, privacidade, anonimato e acesso: Sua privacidade será respeitada, ou seja, seu nome ou qualquer outro dado ou elemento que possa de qualquer forma lhe identificar, serão mantidos em sigilo. Será garantido o anonimato e privacidade. Caso haja interesse, o senhor (a) terá acesso aos resultados.

Garantia de esclarecimento: É assegurada a assistência durante toda pesquisa, bem como a garantia do seu livre acesso a todas as informações e esclarecimentos adicionais sobre o estudo e suas consequências.

Garantia de responsabilidade e divulgação: Os resultados dos exames e dos dados da pesquisa serão de responsabilidade do pesquisador, e esses resultados serão divulgados em meio científico sem citar qualquer forma que possa identificar o seu nome.

Garantia de ressarcimento de despesas: Você não terá despesas pessoais em qualquer fase do estudo, nem compensação financeira relacionada à sua participação. Em caso de dano pessoal diretamente causado pelos procedimentos propostos neste estudo, terá direito a tratamento médico, bem como às indenizações legalmente estabelecidas. No entanto, caso tenha qualquer despesa decorrente da participação na pesquisa, haverá ressarcimento mediante depósito em conta corrente ou cheque ou dinheiro. De igual maneira, caso ocorra algum dano decorrente da sua participação no estudo, você será devidamente indenizado, conforme determina a lei.

Responsabilidade do pesquisador e da instituição: O pesquisador e a instituição proponente se responsabilizarão por qualquer dano pessoal ou moral referente à integridade física e ética que a pesquisa possa comportar.

Critérios para suspender ou encerrar a pesquisa: O estudo será suspenso na ocorrência de qualquer falha metodológica ou técnica observada pelo pesquisador, cabendo ao mesmo a responsabilidade de informar a todos os participantes o motivo da suspensão. O estudo também será suspenso caso seja percebido qualquer risco ou dano à saúde dos sujeitos participantes, consequente à pesquisa, que não tenha sido previsto neste termo. Quando atingir a coleta de dados necessária a pesquisa será encerrada.

Demonstrativo de infraestrutura: A instituição onde será feito o estudo possui a infraestrutura necessária para o desenvolvimento da pesquisa com ambiente adequado.

Propriedade das informações geradas: Não há cláusula restritiva para a divulgação dos resultados da pesquisa, e que os dados coletados serão utilizados única e exclusivamente para comprovação do experimento. Os resultados serão submetidos à publicação, sendo favoráveis ou não às hipóteses do estudo.

Sobre a recusa em participar: Caso queira, o senhor (a) poderá se recusar a participar do estudo, ou retirar seu consentimento a qualquer momento, sem precisar justificar-se, não sofrendo qualquer prejuízo à assistência que recebe.

Contato do pesquisador responsável e do comitê de ética: Em qualquer etapa do estudo você poderá ter acesso ao profissional responsável, Marcos Vinicius Santos Braz, que pode ser encontrada no telefone (21) 9 7302-8839. Se tiver alguma consideração ou dúvida sobre a ética da pesquisa, poderá entrar em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa.

Se este termo for suficientemente claro para lhe passar todas as informações sobre o estudo e se o senhor (a) compreender os propósitos do mesmo, os procedimentos a serem realizados, seus desconfortos e riscos, as garantias de confidencialidade e de esclarecimentos permanentes. Você poderá declarar seu livre consentimento em participar, estando totalmente ciente das propostas do estudo.

Rio de Janeiro, 06 de agosto de 2020.

Apêndice 2 – Submissão do manuscrito


Journal of Exercise Rehabilitation

ONLINE MANUSCRIPT SUBMISSION

Title:	COMPARISON OF THE RANGE OF MOTION, MUSCLE STRENGTH AND FUNCTIONAL PERFORMANCE OF ANKLES BETWEEN MALE AND FEMALE PRACTITIONERS OF RESISTANCE EXERCISE.
Type of Manuscript:	Original Article
Running Title:	Ankle range of motion in resistance exercise.

Abstract

The purpose of this investigation was to compare the ankle range of motion (ROM), ankle isometric muscle strength and ankle functional performance between males and females practitioners of resistance exercise. Forty participants were recruited and separated into two groups: male (n = 20) and female (n = 20). All participants underwent three tests to assess the ankle ROM, ankle isometric muscle strength and ankle functional performance, respectively. ROM measurements were taken in both ankles with a digital goniometer. Ankle isometric muscle strength was measured using a load cell. Both tests for ankle-dorsiflexion and plantar flexion were measured with subjects lying supine with an extended knee on a standard treatment table. Ankle functional performance was assessed with the Single Leg Hop Test (SLHT) in both limbs. Plantar flexion ROM was significantly greater in the females than males for both ankles ($p < .01$). No significant difference ($p > .05$) was found between the groups for ankle-dorsiflexion ROM. Isometric muscle strength during dorsiflexion was significantly lower in the females for both ankles ($p < .01$). SLHT showed demonstrating better functional performance in the males ($p < .001$). Isometric muscle strength during plantar flexion was significantly correlated with plantar flexion ROM in males ($r = 0.52$; $p < .02$) and females ($r = 0.46$; $p < .03$). This study showed the better ankles functional performance and greater isometric muscle strength during ankle-dorsiflexion and plantar flexion in males. On the other hand, plantar flexion ROM was greater in females. However, both sexes showed a positive correlation between absolute ankle isometric muscle strength and plantar flexion ROM.

Editorial members
Journal of Exercise Rehabilitation Editorial Office
 Department of Urology, Chungnam National University Sejong Hospital
 20, Bodeum 7-ro, Sejong 30099, Korea

Tel: +82-44-995-4701
 FAX: +82-44-995-3209
 E-mail : kimcho99@cnuh.co.kr
 Website: <https://submit.e-jer.org/>

Copyright© Korean Society of Exercise Rehabilitation. All right reserved.

Apêndice 2 – Parecer do comitê de ética e pesquisa



CENTRO UNIVERSITÁRIO
AUGUSTO MOTTA/ UNISUAM



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: COMPARAÇÃO DA FORÇA MUSCULAR, FUNCIONALIDADE E MOBILIDADE DOS TORNOZELOS ENTRE SEXOS PRATICANTES DE EXERCÍCIOS DE FORÇA COM PESOS LIVRES E SUAS ASSOCIAÇÕES A LESÕES

Pesquisador: MARCOS VINICIUS SANTOS BRAZ

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 32033420.1.0000.5235

Instituição Proponente: SOCIEDADE UNIFICADA DE ENSINO AUGUSTO MOTTA

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 4.266.861

Apresentação do Projeto:

Introdução: Os exercícios resistidos (ER) têm demonstrado ser benéficos na melhoria de vários parâmetros funcionais, bem como o aumento da massa muscular. Por outro lado, a articulação do tornozelo tem sido constantemente negligenciada durante a prescrição do treinamento, consequentemente, aumentam os riscos de lesões na vida cotidiana, nos esportes e nas atividades de lazer. Além disso, ainda são escassos os estudos científicos que mensuraram a força muscular, funcionalidade e ADM de tornozelos entre homens e mulheres praticantes de ER com pesos livres. **Objetivo:** Comparar a funcionalidade, a força muscular e a amplitude do movimento durante a dorsiflexão e flexão plantar dos tornozelos entre homens e mulheres praticantes de ER com pesos livres e sedentários. **Metodologia:** Serão selecionados 40 participantes do sexo masculino (n=20) e feminino (n=20) entre 25 a 35 anos, praticantes de treinamento de força com pesos livres e experiência prévia de no mínimo 12 meses de treinamento e 40 participantes sedentários, masculino (n=20) e feminino (n=20). Todos os sujeitos recrutados através do critério de elegibilidade serão submetidos a três distintas avaliações da mobilidade, funcionalidade e força da articulação

Endereço: Av. Paris, 72 TEL: (21)3882-9797 (Ramal: 9943)

Bairro: Bonsucesso

CEP: 21.041-010

UF: RJ

Município: RIO DE JANEIRO

Telefone: (21)3882-9797

E-mail: comitedeetica@souunisuam.com.br



CENTRO UNIVERSITÁRIO
AUGUSTO MOTTA/ UNISUAM



Continuação do Parecer: 4.266.861

dos tornozelos. Os testes consistirão em análise da amplitude de movimento do tornozelo com a utilização do goniômetro digital; teste single leg hop para avaliação da funcionalidade do tornozelo através da utilização de uma fotocélula; avaliação de força dos músculos que estabilizam os tornozelos através do dinamômetro portátil; Testes de desempenho funcional do tornozelo Rising on toes e Rising on heel. Todas as avaliações ocorrerão após a coleta das medidas antropométricas. Resultados esperados: Espera-se que os homens e mulheres treinados apresentem melhor funcionalidade das articulações dos tornozelos por apresentar maior força muscular e estabilidade.

Objetivo da Pesquisa:

O objetivo do presente estudo será comparar a funcionalidade, a força muscular e a amplitude do movimento durante a dorsiflexão e flexão plantar dos tornozelos entre os sexos praticantes de ER com pesos livres e sedentários.

Objetivo Secundário:

1. Comparar a amplitude de movimento dos tornozelos entre homens e mulheres praticantes de ER com pesos livres e sedentários suas relações com a incidência de lesões.
2. Comparar a funcionalidade dos tornozelos entre homens e mulheres praticantes de ER com pesos livres e sedentários suas relações com a incidência de lesões.
3. Comparar a força muscular dos tornozelos entre homens e mulheres praticantes de ER com pesos livres e sedentários suas relações com a incidência de lesões.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

O teste funcional de desempenho do tornozelo pode resultar em dores musculares logo após e tempos depois. Testes que podem prevenir futuras lesões.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Projeto de pesquisa para elaboração da dissertação e obtenção do grau de mestre pelo programa de Pós-graduação em Ciências da Reabilitação

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Os termos foram apresentados de forma adequada

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

O projeto está aprovado

Endereço: Av. Paris, 72 TEL: (21)3882-9797 (Ramal: 9943)
 Bairro: Bonsucesso CEP: 21.041-010
 UF: RJ Município: RIO DE JANEIRO
 Telefone: (21)3882-9797 E-mail: comitedeetica@souunisuam.com.br



Continuação do Parecer: 4.266.861

Considerações Finais a critério do CEP:

O projeto está aprovado.

Cabe ressaltar que o pesquisador se compromete em anexar na Plataforma Brasil um relatório ao final da realização da pesquisa. Pedimos a gentileza de utilizar o modelo de relatório final que se encontra na página eletrônica do CEP-UNISUAM (<http://www.unisuam.edu.br/index.php/introducao-comite-etica-em-pesquisa>). Além disso, em caso de evento adverso, cabe ao pesquisador relatar, também através da Plataforma Brasil.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1550816.pdf	13/07/2020 17:58:15		Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE.pdf	13/07/2020 17:58:00	MARCOS VINICIUS SANTOS BRAZ	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	Termo_de_aceite.pdf	13/07/2020 17:57:23	MARCOS VINICIUS SANTOS BRAZ	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projetomestrado.pdf	13/07/2020 17:54:48	MARCOS VINICIUS SANTOS BRAZ	Aceito
Folha de Rosto	Plataforma_Brasil_Assinada.pdf	12/05/2020 12:12:32	MARCOS VINICIUS SANTOS BRAZ	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

RIO DE JANEIRO, 09 de Setembro de 2020

Assinado por:
Igor Ramathur Telles de Jesus
(Coordenador(a))

Endereço: Av. Paris, 72 TEL: (21)3882-9797 (Ramal: 9943)
Bairro: Bonsucesso CEP: 21.041-010
UF: RJ Município: RIO DE JANEIRO
Telefone: (21)3882-9797 E-mail: comitedeetica@souunuam.com.br



Continuação do Parecer: 4.266.861

Endereço: Av. Paris, 72 TEL: (21)3882-9797 (Ramal: 9943)
Bairro: Bonsucesso **CEP:** 21.041-010
UF: RJ **Município:** RIO DE JANEIRO
Telefone: (21)3882-9797 **E-mail:** comitedeetica@souunisiam.com.br